

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Пространство и время в макро-, мега- и микромире.1974. (Мостепаненко А.М.)

Источник

Мостепаненко А.М. Пространство и время в макро-, мега- и микромире. М.: Политиздат, 1974.- 240с.

Мостепаненко А.М.

Пространство и время в макро-, мега- и микромире.

Мостепаненко А.М. Пространство и время в макро-, мега- и микромире. М.: Политиздат, 1974.- 240с.

Когда в широкой аудитории ведется беседа о философских проблемах пространства и времени, первое, что вызывает интерес слушателей,— это многочисленные “парадоксальные” особенности времени и пространства, обнаруженные современной наукой, прежде всего теорией относительности, и их истолкование. Действительно, в XX в. наукой было доказано, что свойства времени и пространства не являются раз навсегда данными и неизменными. В физических условиях, отличающихся от нашей обыденной жизни, они могут претерпеть существенные изменения. Так, специальная теория относительности Эйнштейна открыла эффект “замедления времени” в быстро движущихся физических системах, что создает возможность “путешествия в будущее”. Обычно эти парадоксы рассматриваются либо как что-то всецело фантастическое, либо как нечто весьма абстрактное, далекое от реальной жизни и наших непосредственных интересов. Однако можно ли утверждать, что они являются лишь любопытными мысленными фокусами, не имеющими практического значения? Хотя практическое использование “парадок-

<http://filosof.historic.ru/books/item>

Пространство и время в макро-, мега- и микромире.1974. (Мостепаненко А.М.)

Источник:

Мостепаненко А.М. Пространство и время в

*макро-, мега- и микромире. М.: Политиздат,
1974.- 240с.*

Мостепаненко А.М.

Пространство и время в макро-,
мега- и микромире.

Мостепаненко А.М.
Пространство и время в макро-,
мега- и микромире. М.:
Политиздат, 1974.- 240с.

Когда в широкой аудитории ведется беседа о философских проблемах пространства и времени, первое, что вызывает интерес слушателей,— это многочисленные “парадоксальные” особенности времени и пространства, обнаруженные современной наукой, прежде всего теорией относительности, и их истолкование. Действительно, в XX в. наукой было доказано, что свойства времени и пространства не являются раз навсегда данными и неизменными. В физических условиях, отличающихся от нашей обыденной жизни, они могут

претерпеть существенные
изменения. Так, специальная
теория относительности
Эйнштейна открыла эффект
“замедления времени” в быстро
движущихся физических системах,
что создает возможность
“путешествия в будущее”. Обычно
эти парадоксы рассматриваются
либо как что-то всецело
фантастическое, либо как нечто
весьма абстрактное, далекое от
реальной жизни и наших
непосредственных интересов.
Однако можно ли утверждать, что
они являются лишь любопытными
мысленными фокусами, не

имеющими

практического

значения? Хотя практическое использование “парадок-

3 сов” — во многом дело будущего, тем не менее уже сейчас следует признать, что они играют важную роль в развитии нашего мировоззрения. Более того, можно сказать, что от их философского истолкования в какой-то степени зависит формирование правильного взгляда на место человека в мире.

Но было бы неправильно думать, что философский анализ понятий

пространства и времени
ограничивается лишь объяснением
парадоксальных физических
открытий. В представлениях о
пространстве и времени имеется
еще много неясного,
порождающего многочисленные
дискуссии ученых. Почему наше
пространство имеет три
измерения? Могут ли существовать
многомерные миры? Может ли
время течь в обратном
направлении? Реально ли
четырёхмерное пространственно-
временное многообразие
(пространство-время) теории
относительности? Могут ли

существовать материальные объекты вне пространства и времени? Эти и многие другие вопросы ставятся на повестку дня современного естествознания и философии.

Некоторые из перечисленных проблем могут показаться на первый взгляд чисто академическими. В самом деле, какое значение имеет вопрос о причинах трехмерности нашего пространства? Однако углубленное изучение этих проблем показывает, что они связаны с фундаментальными свойствами

бытия и важны для нашего мировоззрения. Так, вопрос о том, почему наше пространство трехмерно, может решаться либо с позиций телеологии, исходящей из ненаучного

утверждения, что “трехмерный мир самый совершенный из возможных миров”, либо с научно-материалистических позиций, основываясь на фундаментальных физических закономерностях. Но дело не только в этом. Исследование подобных вопросов имеет важное эвристическое значение для развития самого

естествознания. Так как представления о пространстве и времени лежат в основе большинства современных научных теорий, их развитие может помочь в анализе недостатков старых теорий и построении новых, более адекватных, в формировании новой научной картины мира. Проблемы, о которых идет речь, лежат, по выражению Г. И. Наана, на стыке философии, физики и математики, и их решение имеет важное методологическое значение для этих наук. Особые сложности возникают при анализе

характера свойств времени и пространства в микромире и мегамире, мирах малого и большого. С одной стороны, трудности, с которыми сталкивается познание микроявлений, приводят к оживленным дискуссиям и даже к гипотезам о том, что элементарные частицы существуют вне пространства и времени вообще. С другой стороны, в связи с конечными моделями Вселенной и бурным развитием релятивистской космологии возникают многочисленные споры о

соотношении космологии и философии, о многообразии пространственно-временных отношений на мегауровне. Целью этой книги как раз и является рассмотрение наиболее актуальных и дискуссионных проблем, возникающих

5

4 при исследовании свойств пространства и времени в макро-, микро- и мегамире, ознакомление читателя с существом

исследований, которые ведут философы и естественники '.

1 В последнее время появился целый ряд трудов советских философов и естествоиспытателей, посвященных проблемам пространства и времени. Это прежде всего коллективные исследования: “Пространство, время, движение” (М., 1971), “Бесконечность и Вселенная” (М., 1969), “Пространство и время в современной физике” (Киев, 1968), а также “Эйнштейновские сборники”, выходящие у нас в

стране с 1966 г. Различные вопросы рассматриваемой темы анализировались в следующих работах советских авторов: Я. Ф. Аскин. Проблема времени. М., 1966; Л. Б. Баженов, К. Е. Морозов, М. С. Слуцкий. Философия естествознания, вып. 1. М., 1966; М. Б. Вильницкий. Философский анализ пространственно-временных представлений и методов специальной и общей теории относительности. Киев, 1968; Л. Н. Любинская. Категория времени и структурный анализ. М., 1966; С. Т. Мелюхин. Материя в ее единстве, бесконечности и

развитии. М., 1966; Ю, Б. Молчанов. Время в классической и релятивистской физике. М., 1966; П. С. Дышлевы. Материалистическая диалектика и физический релятивизм. Киев, 1972; В. С. Лукьянец. Физико-математические пространства и реальность. Киев, 1971; В. С. Готт. Пространство и время микромира. М., 1964; В. С. Барашенков. Структура пространства и времени в физике микромира. М., 1966; А. Н. Вяльцев. Дискретное пространство-время. М., 1965; И. С. Алексеев. Развитие представлений о структуре атома.

Новосибирск, 1968; И. А. Акчурина. Философские проблемы познания микромира. “Современные проблемы теории познания диалектического материализма”, т. I. М., 1970; Э. П. Андреев. Пространство микромира. М., 1969; И. З. Цехмистро. Диалектика множественного и единого. Квантовые свойства мира как неделимого целого. М., 1972; К. П. Станю-

Прежде чем перейти к непосредственному рассмотрению обсуждаемых проблем, необходимо разрешить следующий вопрос. Не будет ли философский анализ представлений о времени и пространстве подменой естествознания, то есть отжившей свой век натурфилософией? Не является ли такой анализ анахронизмом, подобным гегелевской попытке вывести из чистой философии количество планет солнечной системы и другие конкретно-научные факты? По утверждению самих физиков, современная физическая теория

пространства и времени — это теория относительности Эйнштейна. В ней пространство и время взаимосвязаны, образуют единое пространственно-временное многообразие. В соответствии со специальной теорией относительности, протяженность и длительность изменяются в движущейся системе; одновременность событий также не абсолютна и зависит от выбора системы отсчета. В соответствии с общей теорией относительности,

кович, С. М. Колесников, В. М. Московкин. Проблемы теории пространства, времени и материи. М., 1968; Г. И. Наан. Понятие бесконечности в математике, физике и астрономии. М., 1905; Э. М. Чудинов. Пространство и время в современной, физике. М., 1969; В. В. Казютинский. Революция в астрономии. М., 1969; В. И. Свидерский и А. С. Кармин. Конечное и бесконечное. М., 1966. Из зарубежных исследований необходимо отметить: Г. Рейхенбах. Направление времени. М., 1962; Дж. Уитроу. Естественная философия времени. М., 1964; А.

Грюнбаум.

Философские

проблемы пространства и времени.
М., 1969.

7

пространство-время есть
искривленное, неэвклидово
многообразие, свойства которого
зависят от распределения
тяготеющих масс. Что нового
философия может добавить к этим
положениям?

Здесь мы сталкиваемся с
проблемой соотношения
философии и естествознания,

имеющей важное значение не только для анализа представлений о времени и пространстве, но и для решения других философских вопросов естествознания. Сформулируем ее в несколько заостренной форме.

Каков предмет философии как науки? Что играет главную роль в нем — человеческое мышление (и человеческая практика) или объективный мир, безотносительно к способам его познания? Учение об объективной действительности (о бытии), как она существует сама по себе,

издавна называют философской онтологией. Учение о мышлении и познании в широком смысле этого слова есть гносеология.

Очевидно, что теория познания есть неотъемлемый раздел философии, только она одна из всех наук изучает познание во всем его объеме. Опираясь на логику и психологию, гносеология пытается представить процесс человеческого познания в его целостности, решить проблему истинности и достоверности научного знания.

Но правильно ли говорить об онтологии как науке? Можно ли, даже в абстракции, отвлечься от способов получения знания познающим субъектом и рассматривать бытие как таковое?

8

Чтобы четче сформулировать данную проблему, рассмотрим противоположные точки зрения по ней в виде дискуссии двух воображаемых философов; одного из них назовем Гносеологом, а другого Онтологом. Под

Гносеологом мы отнюдь не имеем в виду специалиста по теории познания. Это некая абстрактная личность, выражающая крайнюю точку зрения по данному вопросу. То же самое относится и к личности Онтолога.

Гносеолог. Любой акт познания предполагает два элемента — субъект и объект познания. Субъект познания — это не просто конкретный индивидуум, а идеализированный экспериментатор или теоретик, обладающий стандартными средствами и методами

исследования. Объект познания — это не объективная реальность “как таковая”, а определенный ее “срез”, обусловленный средствами, методами и целями исследования. Мы познаем мир не так, как он существует “сам по себе”, а в том виде, как он предстает наблюдателю в данном познавательном процессе. Поэтому можно сказать, что в акте познания объект без субъекта так же не существует, как и субъект без объекта.

Представим себе, что
окружающий нас мир

воспринимается обитателями иной космической цивилизации, существенно отличной от человеческой, с другими органами чувств, с другим устройством тела и т. д. Какие есть основания полагать, что существа данной цивилизации представляли бы себе наш мир таким же образом, как и мы? Ведь эти существа вычленяли бы из мира другие

9

стороны, а именно те, которые были бы им доступны в

соответствующих физических
условиях и которые
“проецировались бы” на условия и
цели их познания. Если какое-то
понятие “работает” в науке и
играет важную роль в теории и
эксперименте, естествовед, как
правило, “проецирует” его на мир,
онто-логизирует. Однако не
следует думать, что допущение
онтологизации понятий
тождественно допущению
онтологии. Первое — в
исторически ограниченных рамках
— вполне законная операция,
которая оправдывается (или не
оправдывается) в ходе развития

познания, тогда как второе незаконно.

О н т о л о г. Но ведь философия как раз тем и отличается от других наук, что дает возможность познать мир, как он существует “сам по себе”, безотносительно к способам его познания!

Гносеолог. Именно это ваше мнение и является наибольшим заблуждением.

В принципе невозможно иметь знание о мире “самом по себе”.

Ведь чтобы его получить, необходимо “выйти” за пределы субъектно-объектного отношения и проникнуть в сущность вещей непосредственно. Идеалисты говорили о непосредственной рациональной интуиции, об откровении, о мистическом озарении и т. д., но такой подход явно антинаучен. В современных условиях онтология как наука невозможна. Что касается философских проблем пространства и времени, то к ним относятся главным образом логико-гносеологические вопросы

современного физического знания, философия 10

не может и не должна строить какой-то своей, особой теории пространства и времени, отличной от теорий конкретных наук. Спрашивается, существуют ли кроме физических, химических, биологических, геологических и т. д. явлений и объектов еще какие-то философские? Очевидно, нет. Было бы абсурдно считать, что кроме физического пространства и времени, имеет смысл говорить еще о каком-то философском пространстве и времени. Далее,

есть ли у философии свои опытные методы исследования, ставят ли философы эксперименты? Также очевидно, что нет. Что же в таком случае составляет предмет философии? Им служит прежде всего человеческое познание (обыденное и научное), а также отношение человека к миру и к природе в процессе его познания и практической деятельности. Основу специфики философского знания составляет то, что оно исследует не мир, как он существует “сам по себе”, и не научную картину мира, а

соотношение субъекта и объекта в процессе познания и практики. Таким образом, философия — это не наука в обычном смысле этого слова, а скорее метанаука, то есть наука о науке и вообще о познании любого типа и уровня.

О н т о л о г. По-моему, специфика философии по сравнению с другими науками состоит не в том, что она есть теория познания, а в том, что она есть учение о мире в целом, содержащее абсолютное и универсальное знание. Конечно, не

существует каких-то особых философских явлений и объ-

11

ектов наряду с физическими, химическими, биологическими и т. д. Но ведь естественные науки занимаются конкретными, единичными явлениями и их абстракциями, тогда как философия изучает лишь всеобщее. Именно в связи с этим философия приобретает онтологическую функцию. В самом деле, понятия конкретных

наук всегда являются некими идеализациями. Конкретно-научные теории отображают конечные, ограниченные классы реальных объектов и явлений и вместе с тем претендуют на описание бесконечного числа возможных фактов и событий. Уже это обстоятельство приводит к тому, что понятия конкретных наук описывают действительность лишь приближенно. Короче говоря, конечное описывается с помощью бесконечного, конкретное — с помощью абстрактного. С другой стороны, в философии сам объект исследования бесконечен и

универсален, и философские категории могут адекватно отобразить этот объект. Но в таком случае философия в строгом и истинном смысле этого слова есть именно онтология. Не следует только в онтологию включать знания о конкретных, единичных явлениях: такие явления изучаются конкретными науками, а не философией. Отсюда ясно, что общее учение о пространстве и времени, о конечном и бесконечном и т. д. может быть дано только философией. Конкретные науки исследуют абстрактное физическое и

геометрическое пространство,
различные абстракции
бесконечного (потенциальная,
актуальная бесконечность и др.),
но только философская он-

12

тология способна исследовать
реальное пространство и время и
реальную бесконечность мира.

Отношение субъекта и объекта
вовсе не является вечным и
всеобъемлющим, универсальным.
Субъекта может и не быть, а мир

останется примерно в том же виде, в каком он существует и при наличии субъекта. Идеальное по своему объему уже материального. Поэтому онтология как наука о мире в целом шире гносеологии. Именно в ней, и только в ней, формулируются основные принципы любого бытия.

Гносеолог. Прежде чем говорить об основных принципах любого бытия, следует задать себе вопрос: а возможны ли такие универсальные принципы? Ведь субъект всегда имеет дело лишь с конечной областью познанного, а

универсальные принципы должны распространяться и на область непознанного, и таким образом они будут в какой-то степени априорными.

О н т о л о г. Положения и принципы философской онтологии есть обобщение результатов всех наук и всей человеческой практики, так что не может быть и речи об их внеопытном происхождении. Однако в их формировании играет немаловажную роль интуиция философа.

Гносеолог. Признавая значение для формирования философских положений интуиции, вы должны согласиться и с тем, что философское обобщение одних и тех же фактов может производиться разными способами, что здесь нет прямого и однозначного

13

Пути. Таким образом, различные философы, основываясь на одних и тех же фактах, приходят к различным онтологическим

принципам и утверждениям. Возникает множество онтологических картин мира. Каждая из них имеет свои недостатки и преимущества, но для создателя именно его система, несомненно, самая лучшая.

Онтолог. В этом нет ничего удивительного. Что касается меня, то я не сомневаюсь в истинности моих исходных принципов, так как с их помощью удастся дать стройную интерпретацию любых аспектов и сторон объективной действительности.

Чье же мнение, Гносеолога или Онтолога, по поводу предмета философии более правильно? Попробуем подвести итоги спора и оценить создавшуюся ситуацию.

Прежде всего следует признать, что ни философия, ни конкретные науки не имеют какого-то особого преимущества в отношении познания сущности вещей. Ни философ, ни естествоиспытатель не способны путем мистической рациональной интуиции, без обращения к фактам проникать в тайны объективного мира. Как естествознание, так и философия

пользуются абстракциями разных типов и уровней, то есть мысленными моделями в широком смысле этого слова, которые оправдываются или не оправдываются на практике. Если та или иная мысленная модель “работает” в познании и на практи-

14

ке, мы ее онтологизируем, то есть говорим о существовании фрагмента объективной реальности, соответствующего

этой модели (электрон, атом, молекула и т. д.).

Но следуют ли отсюда скептические выводы о невозможности познания мира “самого по себе”? По-видимому, нет.

Конечно, в истории естествознания не раз бывало, что онтологизация тех или иных представлений не оправдывалась (эфир, флогистон, абсолютное пространство и т. д.). Однако из этого не вытекает вывод, что

любые наши понятия и представления, касающиеся объективной реальности, являются сомнительными и ненадежными. Вряд ли можно согласиться и с тем, что иная, космическая цивилизация, существенно отличная от нашей, будет иметь совершенно иную, чем мы, картину мира. Видимо, ее представления о мире, несмотря на возможное отличие от наших, связанные с разными условиями существования и познания, будут иметь с ними и некоторые общие черты, поскольку в условиях существования двух цивилизаций,

несомненно, будет не только различие, но и сходство.

Таким образом, если понимать под познанием мира мистическое интуитивное проникновение в сущность явлений, без обращения к опытным методам исследования, то действительно оно невозможно. Если же понимать под познанием диалектический процесс вычленения объективного знания, процесс он-тологизации мысленных моделей, оправдывающийся в процессе развития познания и че-

ловеческой практики, то оно вполне реально и осуществляется в науке.

Но возможна ли философская онтология как наука? Возможны ли универсальные, философские принципы познания?

При решении этих вопросов возникает парадоксальная на первый взгляд ситуация. С одной стороны, философские онтологические представления о

мире, казалось бы, не имеют права на существование, а с другой, они играют важную роль в развитии естествознания. В самом деле, научное знание всегда ограничено некоторой конечной областью явлений. Но построение фундаментальных научных теорий, по-видимому, невозможно без явного или неявного использования идей философского характера. Действительно, построение новой научной теории есть всегда выход за пределы привычного и известного — в область неизвестного, еще не охваченного научным опытом. Как

бы ни было велико количество опытных фактов, имеющих в распоряжении исследователя, и как бы ни были разработаны методы их индуктивного обобщения, от фактов нет прямого и однозначного пути к научной теории. Эйнштейн, как известно, утверждал, что теория — это свободное творение человеческого разума. Но каким образом возникает это творение?

Выход из этого затруднения состоит в том, что основными ориентирами в процессе построения конкретно-научных

теорий служат плодотворные
философские идеи. Их
универсальность позволяет
преодолеть раз-

16

рыв между частным и
единичным характером опытных
данных и общим и необходимым
характером теоретических
положений. Так, Галилей и
Ньютон, создавая механическую
картину мира, пользовались
идеями философского атомизма '
древних; Фарадей и Максвелл,

закладывая основы
электродинамической картины
мира и учения об
электромагнитном поле,
использовали идеи философского
континуализма, содержащиеся в
трудах Декарта, Лейбница и
Бошковича. Логико-
гносеологический анализ,
призванный помочь развитию
нового знания (в частности,
построению новых научных
теорий), также должен опираться
на соответствующую философскую
концепцию, служащую
ориентиром в исследовании.

Сказанное, однако, не означает, что необходимо признать существование онтологии, понимаемой в старом метафизическом смысле, в качестве науки о бытии “как таковом”. Подобная точка зрения, по нашему мнению, не учитывает специфики философского познания. Любые естественнонаучные данные всегда ограничены определенными фрагментами материального мира, а любая научная теория имеет ограниченную область применимости. Поэтому в научной материалистической философии

речь должна идти не о единой догматической онтологии, претендующей на роль некоей науки наук, а о спектре возможных онтологических моделей, которые оправдываются (или не оправдываются) в зависимости от их методологического значения для построения новых научных тео-

17

рий. (Оговоримся, что онтологическая модель, в отличие от философской системы, не

должна обладать всеохватывающим характером. Ее цель — построение некоторого фрагмента универсального знания, например такого, который может быть полезен для развития физических представлений о пространстве и времени.)

В самом деле, любое представление о мире, претендующее на универсальность в предельно широком, философском смысле этого слова, есть в конечном счете умозрительная экстраполяция от нашего современного (по

необходимости ограниченного) обыденного и научного знания к будущему знанию. Происходит как бы расщепление философского знания на совокупность онтологических моделей. При этом это расщепление существенно отличается от многообразия теоретических гипотез и концепций конкретных наук. В физике в конце концов опыт подтверждает какую-то одну гипотезу, и она превращается в теорию. В философии процесс подтверждения той или иной концепции гораздо более сложен и

опосредован и гораздо менее однозначен.

Конечно, было бы неверно подобно Рудольфу Карнапу истолковывать это обстоятельство в духе субъективизма и конвенционализма¹. Та онтологическая модель, которая лучше других “работает” в научном познании и на практике, должна рассматри-

1 Р. Карнап. Эмпиризм, семантика и онтология.

Приложение к его книге “Значение и необходимость”. М., 1959.

18

ваться как подтвержденная и лучше других отражающая объективную реальность.

Таким образом, предметом философии служат как человеческое познание, так и объективный мир. Но надо иметь в виду, что онтологическая функция философии тесно взаимосвязана с гносеологической и без нее

существовать не может. Универсальное знание о мире, как правило, гипотетично; оно уходит своими корнями не только в объективный мир, но и в индивидуальную и социальную практику людей. В связи с этим построение онтологических моделей мира невозможно в отрыве от гносеологического анализа.

В истории человеческого познания многократно подтверждалась та истина, что нельзя абсолютизировать онтологическую картину мира

данной эпохи. Широко известно положение Энгельса, что “с каждым составляющим эпоху открытием даже в естественно-исторической области материализм неизбежно должен изменять свою форму”¹. Однако в процессе долгого и трудного развития науки вырабатываются такие положения и принципы, которые лежат в основании любого исследования.

На каждом этапе развития цивилизации существует множество самых различных, зачастую противоречащих друг

другу философских идей и представлений. Ученый-естественник использует те из них, которые помогают ему строить его теорию, а другие

1 К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 21, стр. 28В.

19

оставляет без внимания. Важно, чтобы эти философские представления были достаточно богатыми и плодотворными.

Иногда полагают, что позитивная роль философских идей в развитии естествознания — дело прошлого, что в XX в. науки о природе достигли такого уровня своего развития, что они, как правило, опережают философию. Последней остается лишь производить интерпретацию уже добытого в естествознании.

Неправильность подобного мнения опровергается творчеством крупнейших естествоиспытателей современности, и прежде всего Альберта Эйнштейна. Сам Эйнштейн неоднократно

подчеркивал, что роль философии в современной физике не меньшая, а даже большая, чем в прошлом.

Пример Эйнштейна является для нас важнейшим по двум обстоятельствам. Во-первых, Эйнштейн был одним из творцов современной научной картины мира и современного стиля физического мышления. Во-вторых, он построил новую физическую теорию пространства и времени, основывающуюся на новых философских идеях.

Основным стержнем философии Эйнштейна был синтез Спинозовского материализма и пантеизма с современным опытным естествознанием. Эйнштейн не сомневался в существовании объективной физической реальности, объективного внешнего мира. Он верил в гармонию и совершенство этого мира, в его симметрию и простоту. Эту веру Эйнштейн называл “космической религией”,

которая, однако, имеет столь же мало общего с обычной ортодоксальной религией, как и учение Спинозы. Он много раз говорил, что не верит в существование персонифицированного бога, который интересуется поступками и мыслями людей. “Бог” Эйнштейна, по сути дела, растворяется в материи, в объективной природе мироздания.

По Эйнштейну, наши понятия, даже самые фундаментальные, такие, как время и пространство,

не являются априорными. Они должны быть связаны с опытом, с реальными измерительными операциями, иначе они могут оторваться от действительности, стать тормозом в развитии науки. Он сравнивает форму теорий с покроем костюма: хотя покрой может быть различным, он должен учитывать размеры и пропорции человеческого тела. Именно с этой диалектической точки зрения Эйнштейн пересмотрел казавшуюся незыблемой механическую картину мира.

Вместе с тем, по Эйнштейну, понятия и теории не вытекают непосредственно из опыта, не сводятся к нему. Когда теория построена, ее следствия сравнивают с опытом, и в случае совпадения говорят об оправдании теории. Но не меньшее значение имеет критерий внутреннего совершенства и простоты теории, который помогает выбрать из бесчисленного множества теоретических возможностей единственную, адекватную и тем самым отобразить гармонию мира. Говоря о простоте теории, Эйнштейн имел в виду не простоту

ее математического аппарата, а

прозрачность и
немногочисленность содержа-

21

тельных физических идей и принципов, лежащих в основе теории.

Может возникнуть недоумение, каким образом совместить веру Эйнштейна в простоту и гармонию мира с теми “парадоксальными” следствиями, которые вытекают из теории относительности. Однако это затруднение только кажущееся.

Сами исходные принципы теорий Эйнштейна (принцип относительности, принцип постоянства скорости света, принцип эквивалентности) достаточно просты и естественны. И Эйнштейн выводит все вытекающие из этих принципов следствия, в том числе связанные с ломкой привычных понятий и представлений. Парадоксы (действительные и мнимые) не были для Эйнштейна самоцелью, они вытекали из простых и прозрачных исходных принципов и были логически неизбежными.

Философские взгляды Эйнштейна оказали значительное влияние на разработку им представлений о пространстве и времени. Убежденность в существовании объективного внешнего мира — не зависящей от нас физической реальности — и полный отказ от априоризма и догматизма в представлениях о пространстве и времени — вот что способствовало открытию теории относительности. Как известно, Лоренц и Пуанкаре раньше Эйнштейна получили основные соотношения специальной теории относительности. Однако

ограниченность их философских
взглядов помешала им произвести
правильную физическую
интерпретацию созданного
математического аппарата.
Гендрик Лоренц был

22

убежденным материалистом, но
он был слишком привержен
классической физике и не смог
отказаться от традиционных
представлений о времени и
пространстве. Анри Пуанкаре был
готов отказаться от классических

представлений и не был подвержен догматизму, но не верил в объективную реальность пространства и времени. Он полагал, что мы выбираем наши пространственно-временные представления путем конвенции (соглашения), из соображений удобства и целесообразности.

Большую роль в создании общей теории относительности сыграли идея обусловленности физического пространства и времени материей и принцип материального единства мира. Эйнштейн исходил из положения, что все свойства

пространства и времени, сколь бы фундаментальными они ни были, в конечном счете обусловлены материальными явлениями и взаимодействиями. Это положение было конкретизировано им в его общей теории относительности: геометрия пространства-времени определяется распределением и движением в пространстве массивных тел. Исходя из принципа единства мира, Эйнштейн сформулировал принцип эквивалентности инерции и тяготения; впоследствии он пытался построить единую теорию поля,

которая объединила бы в одно
целое гравитацию и
электромагнетизм, а в перспективе
объяснила бы и многообразный
мир элементарных частиц.

Философские взгляды
Эйнштейна были в его творчестве
не искусственным добавлени-

23 ~

ем, как это случается у
некоторых ученых, а основной
пружиной творческого процесса,

связанного с построением новых
физических

теорий.

Успех теории относительности породил мнение, что релятивистские представления о пространстве и времени являются окончательными и не подлежат дальнейшему развитию. Между тем теория относительности — это в основном теория метрических свойств пространства и времени, связанных с их количественным аспектом, с

протяженностью и
длительностью. Что же касается
наиболее фундаментальных,
топологических свойств,
характеризующих пространство и
время с качественной стороны, в
аспекте их структурности и
упорядоченности, то их природа и
происхождение все еще остаются
во многом загадочными.
Трехмерность пространства и
одномерность времени, их
непрерывность, необратимость
времени и др. в теории
относительности просто
постулируются. Остается
совершенно неясно, почему наше

пространство и время обладают именно данными свойствами, а не какими-нибудь иными. Физическая теория топологических свойств времени и пространства пока отсутствует, нет также обоснования их универсальности.

Дадим краткую характеристику той онтологической модели, которая, по нашему мнению, должна использоваться при анализе проблемы времени и пространства. 24

С современной точки зрения, макроскопическое пространство-время играет важную роль во всем человеческом опыте и познании. Именно в нем локализованы наши тола и другие объекты человеческих масштабов. Мы будем полагать, что макроскопическое пространство-время — это псевдоэвклидово пространственно-временное многообразие специальной теории относительности (плоское четырехмерное многообразие с выделенной временной координатой. При таком подходе ясно, что концепция абсолютности

пространства и времени, которая разрабатывалась Ньютоном и его последователями, не опровергается полностью теорией относительности. В самом деле, единая четырехмерная пространственно-временная структура макромира абсолютна в том смысле, что не зависит от любых процессов в окружающем нас мире. Она не меняется при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой и при любых других макроскопических изменениях (при этом меняются лишь время и пространство по отдельности). При переходе к

большим масштабам (мега-масштабам) пространственно-временное многообразие деформируется, искривляется под воздействием масс, но мы рассматриваем лишь достаточно малые области этого многообразия, которые еще можно считать плоскими с достаточной степенью приближения.

Каково же происхождение макроскопического пространства-времени? Чем обусловлены его топологические свойства? По-видимому, какими-то очень глубокими матери-

альными явлениями и закономерностями, лежащими на микроуровне '. Поскольку макроскопическая пространственно-временная структура обычно сохраняется, независимо от того, каковы физические условия в больших масштабах, разумно предположить, что эта структура обусловлена в первую очередь не мега-, а именно микроявлениями. Эти явления нам еще неизвестны, и проблема такого

обоснования до сих пор не решена наукой.

Но понятием макроскопического пространства-времени, несмотря на всю его важность, нельзя ограничиваться. Следует учитывать возможное существование и других пространственно-временных форм и отношений в микро- и мегамире. Вероятно, существует неисчерпаемое многообразие не только материальных явлений, типов взаимосвязей и закономерностей, но и пространственно-временных форм и отношений. Причем свойства

любой пространственно-временной формы, по-видимому, обусловлены какими-то своими фундаментальными видами материи. Учет этого предположения необходим при решении целого ряда конкретных гносеологических проблем современной физики и космологии. В дальнейшем все эти положения получают более детальное разъяснение и обоснование.

1 Подробнее см. А. М. Мостепаненко. Проблема универсальности основных

свойств пространства и времени.
Л., 1969.

Глава первая

Пространство

и время в макром мире

Макроскопический опыт и
человеческое познание

Человек — макроскопическое
существо. Его деятельность
ограничена миром средних (не

слишком малых и не слишком больших) масштабов. В обыденной жизни мы не имеем дела с космическими явлениями и миром элементарных частиц, хотя они и играют важную роль в нашем существовании. Элементарные частицы недоступны нашим органам чувств, а астрономические объекты доступны лишь отчасти. Любые немакроскопические объекты мы воспринимаем не непосредственно, а лишь через другие объекты и явления. Наши органы чувств, которые также являются макроскопическими

системами, переводят информацию о таких явлениях на “макроскопический язык”, после чего она становится доступной для нас.

Так, когда мы говорим, что видим Млечный Путь, это означает, что свет от данного астрономического объекта (галактики) достиг нашего зрительного анализатора, в ко-

тором произошли сложные процессы, а затем информация была передана в мозг и

расшифрована. Если мы наблюдаем путь элементарной частицы в камере Вильсона, это означает, что в местах, где пролетает частица, конденсируются капельки жидкости, которые мы воспринимаем как траекторию частицы. В обоих случаях мы непосредственно воспринимаем не объект “как таковой”, а сведения о нем, преломленные через объекты и приборы.

Эта важная роль макроскопического опыта в познании была подчеркнута

Нильсом Бором. Бор указал на то обстоятельство, что измерительный прибор является системой, устройство которой может быть описано на языке классической физики'. Любое измерение должно быть воспроизводимым, а информация о нем — поддаваться словесному выражению.

Более того, измерение является процессом, в котором главную роль играют макроскопические пространственно-временные отношения. Как пишет Макс Бори, “каждое измерение утверждает,

что указатель, или помеченная точка, совпадает с тем или иным делением линейки одновременно с совпадением стрелок часов с какими-либо делениями их циферблата. Независимо от того, касается ли измерение длин, времен, сил, масс, электрических токов, химического сродства или чего бы то ни было еще, фактическое

1 Н. Вор. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961, стр. 42.

содержание наблюдений состоит лишь из пространственно-временных совпадений” '. Согласно этой точке зрения, измерение есть процесс, протекающий на фоне макроскопического пространства и времени. Мы можем сравнить его с “проецированием” изучаемой реальности на непрерывный пространственно-временной фон нашего опыта, и в этом смысле говорить о “первичности” этого

фона для любого опытного познания.

Условием воспроизводимости эксперимента является то, что он осуществляется на одном и том же макроскопическом пространственно-временном фоне. Эксперимент может быть воспроизведен в любом пункте земного шара — в Москве, Нью-Йорке или Токио — и в пределах погрешностей наблюдений даст один и тот же результат. Объективным основанием такого “первичного” характера макроскопического пространства

и времени по отношению к опытному познанию является абсолютность пространства-времени макромира, его относительная независимость от макроскопических явлений и процессов. Таким образом, макроскопическое пространство-время является как бы “фотопластинкой”, на которой отпечатываются процессы, протекающие в мире малого и большого.

Такая особенность явилась одним из объективных источников кантовского априоризма в

представлениях о пространстве и вре-

1 М. бори. Эйнштейновская теория относительности. М., 1964, стр. 399.

29. мени. Макс Лауэ, подчеркивая мысль Канта, что невозможно представить себе объекты вне пространства и времени, но вполне можно вообразить пустые пространство и время, не заполненные объектами и событиями, считает ее серьезным аргументом в пользу

априорности трехмерности пространства и одномерности времени'. На первый взгляд данный довод действительно убедителен, так как в нашем опыте подобные свойства выступают по отношению к любым другим как исходные, фактически не нуждающиеся в опытной проверке. Но на самом деле эта “априорность” кажущаяся: она связана с относительной самостоятельностью макропространства и макровремени. Основные свойства последних могут казаться априорными лишь в рамках

макрофизики и перестают быть таковыми за ее пределами. Конечно, опытное исследование немакроскопических объектов также в конечном счете основывается на “проекциях” этих объектов и структур на макроскопический фон. Но это не означает, что подобные объекты сами существуют в макропространстве и макровремени: они могут находиться в своих особых, качественно отличных от наших пространственно-временных формах.

Иными словами, макроскопическое пространство-время выступает как “первичное” на эмпирическом уровне научного исследования, но отнюдь не на теоретическом.

1 М. Лауэ. Теория познания и теория относительности. Статьи и речи. М., 1969, стр. 241—242, 265, 279.

С точки зрения теоретического познания возможно использование множества пространственно-временных моделей с особыми метрическими и топологическими свойствами.

Проблема реального пространства и времени

Если реальное макропространство и макровремя суть условия сосуществования и смены состояний любых окружающих нас объектов и явлений, то перцептуальное

пространство и время (от английского perception — восприятие) суть условия сосуществования и смены ощущений и других психических актов субъекта. В реальном пространстве локализованы физические объекты, а в перцептуальном — наши ощущения.

Теория Канта, согласно которой время и пространство суть формы нашей чувственности, несомненно имеет рациональное зерно. Хотя Кант и не использовал выражение “перцептуальное пространство и

время”, которое было введено в употребление лишь в конце XIX в. и особенно широко применялось в работах Бертрана Рассела, его анализ, по существу, относился именно к данному понятию. Кант обосновал “исходный” характер перцептуального пространства и времени по отношению к любому человеческому опыту. Но его концепция содержала и другой момент. Она отрицала существование реального пространства и времени. “Вещи в себе”, по мнению Канта, непространственны и невре-

менны; пространство и время — это та субъективная рамка, в которой группируются наши ощущения и восприятия.

В основе субъективистской концепции Канта и его последователей лежит отрицание существования реального времени и пространства. Они считают, что наши ощущения и восприятия упорядочены в пространстве и во времени, но нельзя быть уверенным в упорядоченности

реальных объектов во времени и пространстве, ведь действительность дана нам лишь через восприятия. Наша уверенность в пространственноеTM и временности реальных вещей лишь иллюзия, заявляют они.

Чтобы пояснить данное рассуждение, обратимся к следующему примеру. Если некто говорит: “я вижу зеленый лист”, означает ли это, что зелень существует независимо от данного субъекта? Имеем ли мы право “проецировать” на мир наши ощущения, он-тологизировать их и

говорить, что “зеленое” объективно существует? Очевидно, нет. Тот, кто полагает, что вещи существуют абсолютно в том же виде, в каком они нами представляются, стоит на позиции наивного реализма. На самом деле реально существует не “зеленое”, как мы его воспринимаем, а свойство поверхности листа отражать свет определенной длины волны и поглощать свет других длин волн. Но возможно, что “чувство” пространства и времени, которым мы обладаем, так же нельзя безоговорочно “проецировать” на реальный мир,

как ощущение зеленого. Поэтому
вопрос о существовании

32

реального пространства и
времени не столь прост, каким он
может показаться на первый
взгляд.

Основанием для
субъективистской трактовки
рассматриваемой проблемы
издавна служили
пространственно-временные
парадоксы и антиномии. Так,

Августин, впервые пришедший к выводу, что время не существует объективно, что оно находится лишь в глубинах нашей души, исходил из парадоксальных особенностей течения времени: прошлое уже не существует, будущее еще не существует, настоящее же не имеет никакой протяженности; следовательно, время не обладает реальностью. Кант опирался на космологические антиномии, которые определяют мир как конечный и как бесконечный во времени и пространстве. Английский философ-

неогегельянец конца XIX — начала XX в. Френсис Брэдли также приводит антиномию: с одной стороны, пространство и время — ничто, кроме отношений между вещами, а с другой — они не есть простые отношения, они могут существовать и при отсутствии вещей. Таким образом, считалось, что раз мы неизбежно приходим к противоречиям, время и пространство не могут существовать реально.

Однако перечисленные парадоксы и антиномии не могут служить обоснованием

субъективизма в данном вопросе. Августин-ский парадокс, подобно апориям Зенона, разрешается с помощью средств современной математики. Космологические антиномии Канта, как мы увидим позже, объясняются

2 А. М. Мостпанешш

33

путем уточнения употребляемых понятий. При анализе антиномии, сформулированной Брэдли,

следует учитывать, что пространство и время, с одной стороны, абсолютны в смысле самостоятельности в отношении отдельных предметов, а с другой стороны, относительно в смысле обусловленности глубокими свойствами материи.

Решающий удар субъективистская концепция получила в связи с кризисом априоризма. Кант полагал, что возможна лишь одна геометрия — эвклидова, истины которой даны субъекту до всякого опыта, априори, и никогда не смогут быть

опровергнуты или заменены другими. Однако в XIX в. Лобачевским, Больяи и Риманом были открыты и разработаны неэвклидовы геометрии. Стало ясно, что в математике может быть построено неисчерпаемое множество самых различных геометрических пространств, и только опыт может показать, какое из них имеет отношение к реальному миру. Пространство и время в таком случае не могут быть субъективными, так как объективный физический эксперимент показывает, какая

геометрия реализуется в данной области мира.

Анри Пуанкаре, с позиций конвенционализма, попытался дать свою интерпретацию соотношения субъективного и объективного в данной проблеме. Он считал, что все математические пространства являются равноправными, ни одно из них не имеет каких-либо преимуществ по сравнению с другими. Все они представляют собой некие абстрактные модели, существующие только в нашем

сознании. Поэтому бессмысленно спрашивать, какое из них реализуется в действительности. При описании физических явлений одно из них более удобно, другое - менее удобно, но это не означает, что одно из них истинно, а другое — не истинно. В дальнейшем идеальные математические модели стали называть концептуальными (то есть понятийными) пространствами. Если употребить этот термин, то точку зрения

Пуанкаре можно выразить следующим образом. При описании явлений природы мы выбираем такое концептуальное пространство, которое лучше соответствует особенностям нашего перцептуального пространства и времени и в связи с этим является для нас наиболее удобным.

Таким образом, вопрос об объективной реальности пространства и времени упирается в вопрос об объективном существовании геометрических объектов, который давно волновал

философов. Еще Пифагор и Платон столкнулись со следующим серьезным противоречием. С одной стороны, идеальные геометрические объекты не существуют в действительности. Любые материальные заместители этих объектов несовершенны, отклоняются от идеального образца. Если мы чертим мелом на доске окружность или прямую линию, мы заранее смиряемся с тем, что окружность не является идеально круглой, а прямая не обладает идеальной прямизной. Но, с другой стороны, идеальные геометрические объекты

существуют в математике. У Платона не возникало сомнения о*

35

в том, что математик открывает новые геометрические объекты, так же как зоолог открывает новые виды животных, а ботаник — новые виды растений. Математические истины, по сравнению с другими научными истинами, обладают наибольшей научной строгостью и достоверностью, в меньшей степени зависят от познающего субъекта. Учитывая это, Платон и пришел к выводу, что идеальные

математические объекты (идеи) существуют не в эмпирической действительности, а “на небе идей”. Окружающий нас чувственный мир является лишь бледной копией идеального мира. Чувственные вещи и явления лишь “запускают” механизм интуиции, и тогда душа “вспоминает” об особенностях идеального мира, в котором она когда-то пребывала.

Так возникла онтологизация концептуальных математических структур. Механизм этой онтологизации сходен с механизмом он-тологизации

чувственных качеств (например, чувства зеленого цвета), о котором говорилось выше. Отличие состоит лишь в том, что здесь “проецируются” на мир не восприятия, а наши абстракции и идеализации.

Пуанкаре в своем анализе проблемы начинает с тех же самых фактов, что и Платон, прежде всего с отсутствия в эмпирической действительности идеальных геометрических объектов. Он отрицает опытный характер геометрии. Если бы она была опытной наукой, полагает он, она

имела бы только грубо приближенное значение, как наука о движении твердых тел. Но в действитель-

36

ности, подчеркивает Пуанкаре, геометрия изучает не реальные твердые тела, а некоторые идеальные объекты, абсолютно неизменные и служащие лишь упрощенным изображением твердых тел. “Понятие об этих идеальных телах извлечено нами из недр нашего духа, и опыт

представляет только случай, заставляющий это понятие выступить” '. (Как видим, высказывание почти в духе Платона!) Но в остальном Пуанкаре резко расходится с Платоном. Он допускает существование математического объекта лишь в особом смысле. Подобный объект считается существующим, если его определение не содержит в себе противоречия². Можно сказать, что в рамках математики логически возможное совпадает с действительным, но эта “математическая

действительность” не может рассматриваться как особая сфера бытия. По мнению Пуанкаре, нельзя говорить о существовании математических объектов в виде неких “платоновских идей”. Ведь непротиворечивым образом можно сформулировать множество определений самых различных математических объектов (в том числе определений, отрицающих друг друга) и построить теории этих объектов. Согласно Пуанкаре, бессмысленно спрашивать, какая из этих теорий истинна. Физик выбирает из них ту теорию, которая более проста и удобна для

описания физических явлений, и только.

и гипотеза. М., 1904,

Наука 2 См. там же, стр. 64.

1 А. Пуанкаре. стр. 83. Поэтому, полагал Пуанкаре, неправомерно спрашивать и о том, какова геометрия реального пространства — эвклидова или неэвклидова. Обе эти геометрии непротиворечивы, следовательно, в математическом смысле обе приемлемы. Но в природе нет материальных

объектов, которые были бы точными копиями геометрических объектов, принадлежащих эвклидову или неэвклидову пространству. Следовательно, по мнению Пуанкаре, вопрос о том, какая из этих геометрий реализуется в действительности, незаконен.

Иное решение проблемы пространства было дано Эйнштейном. Эйнштейн подчеркивал принципиальное различие между чистой геометрией и физической геометрией. Все рассуждения

Пуанкаре, по мнению Эйнштейна, протекают в рамках чистой геометрии, имеющей дело с идеальными математическими объектами и описывающими их аксиомами. Чтобы чистая геометрия стала физической, то есть отраслью естествознания, необходимо, по Эйнштейну, дать ей физическую интерпретацию. Например, тела эвклидовой геометрии необходимо сопоставить с твердыми телами, прямые линии эвклидовой геометрии — со световыми лучами и т. д. После этого только опыт может ответить на вопрос: какова

реальная геометрия — эвклидова
или неэвклидова?

Что касается утверждения
Пуанкаре, что в действительности
в природе нет твердых тел,
которые бы в точности
соответствовали идеальным
геометрическим объектам, то оно,

38

по мнению Эйнштейна, не
может служить веским аргументом
в решении данного вопроса.
Соответствие твердых тел

геометрическим объектам для практических целей является достаточно точным. Строгость чистой математики возможна лишь благодаря тому, что она имеет дело с идеальными, воображаемыми объектами. Но поскольку мы хотим строить науку о реально существующих объектах, приходится жертвовать некоторой точностью.

Вопрос о соотношении абстрактных объектов с действительностью характерен не только для физической геометрии, но и для всего научного познания.

В физике кроме абсолютно твердого тела используются такие абстрактные объекты, как материальная точка, идеальный газ, система отсчета, классическое и квантовое поле, статистический ансамбль и т. д. Без абстрактных объектов она была бы невозможна, так как ее уравнения непосредственно описывают поведение именно таких объектов. Но в действительности последние реализуются не в чистом виде, а всегда приближенно. Так, тело, размерами которого можно пренебречь, рассматривается как материальная точка; газ, в котором

взаимодействие между молекулами пренебрежимо мало, считается идеальным, и т. д. Таким образом, абстрактные объекты приходится сопоставлять с некоторыми реальными явлениями, лишь приближенно соответствующими этим объектам. Только в таком случае уравнения математической физики приобретают конкретное физическое содержание.

39

Возникает вопрос: в каком смысле можно говорить о

существовании физического пространства? Не является ли последнее просто некоторым абстрактным, воображаемым объектом наряду с другими? Общий ответ на этот вопрос состоит в том, что абстрактные объекты физики нельзя отрывать от действительности, считать всецело плодом фантазии. Было бы неверно полагать, что реально существуют только конкретные вещи и явления, непосредственно наблюдаемые с помощью органов чувств. Объективно существуют не только явление, но и сущность, не только единичное, но и общее. В

том случае, когда вводимые в физику абстракции позволяют глубже проникнуть в сущность изучаемых явлений, они не отдаляют нас от реальности, а приближают к ней '.

Проблема объективного существования отнюдь не так проста, как это может показаться на первый взгляд. В обыденной жизни обычно нетрудно установить, что существует, а чего не существует: достаточно удостовериться, скажем, в том, что “на улице действительно идет дождь” или что “в ленинградском

зоопарке нет утконоса”. В науке решить вопрос о существовании какого-либо объекта, далекого от непосредственного опыта, значительно труднее. Для этого требуются соответствующие методологические критерии.

Согласно ленинскому определению материи, последняя есть “философская категори

1 См. В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 29, стр. 152.

для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них” '. В соответствии с этим определением, материи присущи два свойства: быть объективной реальностью, существовать вне нашего сознания, и быть познаваемой в опыте, в конечном счете с помощью органов чувств. Эти положения являются исходными при решении

проблемы: как отличить реальные объекты, существующие независимо от нас, от воображаемых, существующих только в нашем сознании и не отражающих объективную реальность?

Познаваемость объективной реальности с помощью органов чувств не случайно включена В. И. Лениным в определение материи. Абсолютная идея Платона, мировой дух Гегеля и другие метафизические сущности не поддаются опытному познанию, естественнонаучному

эксперименту; они, согласно этим философам, якобы “умопостигаются” с помощью мистической “рациональной интуиции”. Напротив, материалистически понимаемая объективная реальность поддается изучению на практике, в научном эксперименте. Отсюда ясно, что любые объекты, претендующие на статус объективно реальных, должны быть познаваемыми в опыте.

В современной методологии физического познания этот общепhilosophический тезис

конкретизируется в виде условия
принципиаль-

1 В. И. Ленин. Поли. собр. соч.,
т. 18, стр. 131.

41

ной наблюдаемости. Хотя это
условие не имеет
общефилософского характера,
однако, будучи материалистически
истолкованным, оно оказывается
весьма полезным в рамках
конкретно-физического
исследования.

Принципиальная
наблюдаемость, по сути дела,
означает, что в принципе возможно
(не запрещено законами природы)
получение прямой или косвенной
физической информации от
изучаемого объекта,
выражающейся в конечном счете в
показаниях органов чувств. Пусть,
например, нам скажут, что кроме
нашей Вселенной существует
некая другая Вселенная, с которой
мы в принципе не можем вступить
ни в какие сношения, и мы можем
сразу же отвергнуть это

утверждение, как противоречащее условию наблюдаемости.

Если из подтвержденного на практике закона природы вытекает, что некоторый теоретический объект физики в принципе ненаблюдаем в эксперименте, то есть основания считать этот объект не реальным, а воображаемым. Например, из соотношения неопределенностей Гейзенберга вытекает принципиальная ненаблюдаемость орбиты электрона в атоме, что дает основания рассматривать эти орбиты несуществующими:

движение электрона происходит не по орбитам, а более сложно, в соответствии с законами квантовой механики.

Важно отметить, что принципиальную наблюдаемость (ненаблюдаемость) надо отличать от практической. Условие принципиальной наблюдаемости вовсе не отвергает суще-

42

ствование таких объектов, которые наблюдаются лишь

косвенно и опосредованно или вообще пока не могут наблюдаться ввиду ограниченности человеческой практики. Речь идет лишь о том, что наблюдение (прямое или косвенное) рассматриваемых теоретических объектов должно быть совместимо с законами природы, в достаточной мере подтвержденными научной и общественно-исторической практикой.

Однако надо иметь в виду, что условие принципиальной наблюдаемости не может служить достаточным критерием

объективного существования (признание последнего характерно для субъективного идеализма Беркли и Маха). Согласно Беркли, вещи -это комплексы ощущений, а “существовать— значит быть воспринимаемым”. Из такого подхода фактически вытекает абсурдный вывод (хотя сам Беркли и пытался избежать его), что нет принципиальной разницы между чувственными образами, адекватно отражающими объективную реальность, и, скажем, сновидениями или галлюцинациями.

Материалистическое понимание

условия наблюдаемости состоит в том, что все реально существующие физические объекты в принципе (прямо или косвенно) наблюдаемы в опыте, а не в том, что “все наблюдаемое нами существует реально”, — это положение является ложным, так как не всем элементам нашего чувственного опыта соответствует объективная реальность.

Здесь мы должны снова обратиться к фундаментальному положению, что матери

есть объективная реальность, и задуматься над тем, как отличить те чувственные образы, которым соответствуют реальные физические объекты, от неадекватных и фантастических представлений. При решении этого вопроса необходимо обратиться к категориям общего и единичного и учесть то обстоятельство, что внутренний мир любого субъекта неповторимо индивидуален, тогда как объективно-реальные физические объекты всегда

включают и единичное, и общее. Важным понятием, помогающим преодолеть момент субъективного, индивидуального в познании служит понятие инвариантности (неизменности, постоянства). Условие инвариантности состоит в том, что реальные физические объекты не должны меняться при изменении в определенных пределах условий их наблюдения, а отражающие их абстрактные объекты должны оставаться неизменными при действии на них соответствующих математических преобразований. Иными словами, инвариантность физических

объектов предполагает их неизменность по отношению к преобразованиям, связанным с активностью субъекта и изменением условий познания.

Для эмпирических объектов, то есть объектов, изучаемых в эксперименте, характерна лишь некоторая минимальная степень инвариантности: во-первых, независимость результатов наблюдения от замены одного наблюдателя другим, и во-вторых, от его местоположения в пространстве и периода времени. Первое условие предохраняет от

случайных ошибок, от иллюзий,
произвола

44

и т. д. Второе — предпосылка воспроизводимости данных наблюдения в различных местах и в различное время, без чего было бы невозможным физическое познание вообще.

Реальные же объекты, не зависящие от типа эксперимента, должны быть инвариантными в более широких пределах,

допускаемых данной теорией. Это часто предполагает, что соответствующие абстрактные объекты являются инвариантами предельно широкой группы математических преобразований, лежащей в основе данной теории.

Возьмем пример — волновые и корпускулярные свойства элементарных частиц в квантовой физике. Согласно принципу дополнительности Бора, в одном классе физических приборов электрон ведет себя подобно волне, а в другом — подобно корпускуле. Здесь мы имеем дело с

“проекциями” реального объекта (электрона) на макроскопические условия его наблюдения, то есть с эмпирическими объектами.

Конечно, надо иметь в виду, что условие инвариантности само по себе, подобно условию наблюдаемости, не может служить достаточным критерием объективного существования, ибо его нельзя абсолютизировать. Это лишь один из важных методологических приемов, помогающих решать проблему реальности в современной физике.

Пространство и время, несомненно, удовлетворяют рассмотренным выше методологическим условиям. С одной стороны, они обладают определенной степенью общности и инвариантности по отношению к преобра-

45

зованию условий познания. С другой стороны, они в принципе наблюдаемы в опыте и эксперименте. Это разрешает сомнения относительно того,

можно ли говорить о реальности пространственно-временных структур, или существуют лишь материальные объекты и процессы, а пространство и время только формы чувственного опыта.

Указанные методологические критерии согласуются с положением материалистической диалектики, что все объективно существующее представляет собой единство общего и единичного, абсолютного и относительного. Условие инвариантности исходит из наличия в любых физических объектах моментов общего и

абсолютного, а условие
наблюдаемости — моментов
единичного и относительного.
Будучи крайним рационалистом,
Платон недооценивал
относительное и единичное в
вещах, а вместе с ними и аспект
наблюдаемости. Общее у него
отрывалось от единичного и
надеялось самостоятельным
существованием. Пуанкаре,
подобно Платону, был прежде
всего математиком и философом и
уже во вторую очередь
естествоиспытателем. Он исходил
из достижений современной ему
математики, в том числе из

многообразия возможных геометрических систем, и на этой основе существенно развил методологию математики. Однако он недостаточно учел специфику естественнонаучной методологии и автоматически перенес условность математических систем на конкретные науки. Так возник конвенционализм, согласно которому все основные принципы естествознания суть

условные соглашения ученых, принимаемые из соображений удобства и целесообразности. Однако конвенционализм является хотя и логически непротиворечивой, но ошибочной философской концепцией. Пути развития современной науки могут быть поняты только в том случае, если рассматривать научное познание как процесс все более полного и адекватного отражения объективной реальности. Конечно, любое научное знание обязательно включает элемент условности, кон-венциональности (выбор исходных определений, единиц

измерения, систем отсчета и т. д.), но эту условность нельзя абсолютизировать, распространять на все научные принципы.

Эйнштейн, в отличие от Платона и Пуанкаре, с самого начала учитывает специфику методологии физики. С одной стороны, в центре теории относительности лежат условие наблюдаемости и проблема опытного обоснования любых наших понятий и представлений. С другой стороны, в этой теории вычленяются наиболее фундаментальные физические инварианты, самые

общие и глубокие стороны физической реальности.

Реально ли

пространственно -

временное многообразие?

В теории относительности Эйнштейна пространство и время объединяются в единое пространственно-временное многообразие. Но

вывод о его реальности не является общепризнанным. С точки зрения здравого смысла более вероятно, что в реальном мире существуют отдельно трехмерное физическое пространство и одномерное физическое время, что понятие пространства-времени — это лишь некая научная абстракция. Однако дело не ограничивается апелляцией к обыденному опыту, который, конечно, не может иметь в данном вопросе решающего

значения. Выдвигаются
многочисленные философские
аргументы, призванные
опровергнуть положение о
реальности единого пространства-
времени '. В связи с этим
необходимо подробнее
рассмотреть это положение.

Пространственно-временное
многообразие можно определить
как многообразие всевозможных
событий мира (прошлых,
настоящих и будущих). Если
пространство состоит из точек, а
время из моментов, то
“строительным материалом”

единого пространства-времени являются события. При этом не имеет значения, что они представляют собой: возможные они или действительные, “хорошие” или “плохие” и т. д. Они вообще могут не предполагать каких-либо конкретных происшествий. Здесь важны не их качественные особенности, а пространственно-временные характеристики. Любое событие определяется четырьмя числами: тремя пространственными координатами, обозначающими место-

1 См., например, Я. Ф. Аскин. Проблема времени. М., 1966, стр. 99; Р. А. Аронов. Взаимоотношение пространства и времени и пространства-времени. “Философские науки”, 1972, № 4.

48

положение события, и
временным параметром.
Например, если мы фиксируем
местоположение острова Св.
Елены и время смерти Наполеона,
это вовсе не означает, что с этим
событием связывается непременно

смерть Наполеона или какое-то другое конкретное происшествие. Бесчисленное множество (континуум) подобных событий и образует пространственно-временное многообразие.

Спрашивается, существует ли какой-то порядок внутри этого множества обезличенных событий, образуют ли они некую структуру или являются полностью безразличными по отношению друг к другу? Как известно, такой порядок существует, в его основе лежит подразделение событий на прошлые, настоящие и будущие.

Выберем любое произвольное событие O и сделаем его началом отсчета. От него, как от нулевого, будем отсчитывать все остальные. Для простоты можно вообразить себе наблюдателя, находящегося в том же месте, где происходит это событие. Для него O будет как бы событием “здесь-теперь”.

Зададим себе вопрос: какие события являются прошлыми по отношению к O ? В теории относительности прошлыми считаются такие события, которые могут в принципе воздействовать

на O , как-то повлиять на него. Такое понимание согласуется с известным положением, что причина всегда предшествует следствию. Можно сказать, что прошлое события O — это множество всех тех событий, которые могут послужить причиной каких-то изменений в O .

49

С другой стороны, под будущим события O понимается множество всех тех событий, на которые может как-то повлиять O , а

настоящее — это множество таких событий, которые не могут в принципе взаимодействовать с O . Иными словами, зона настоящего не может никак воздействовать на O , а последнее, в свою очередь, не может никак воздействовать на эту зону. Таким образом, зона настоящего как бы сосуществует с O .

Рис. 1.

Мы видим, что в определении прошлого, настоящего и будущего важную роль играет понятие

причинного воздействия, в частности скорости этого воздействия. В классической физике эта скорость была неограниченной, могла принимать сколь угодно большое значение. В соответствии с этим структура пространственно-временного многообразия классической физики (для случая одной пространственной и одной временной координаты) имеет такой вид (см. рис. 1).

На рис. 1 любая точка представляет собой некоторое событие. Начальным событием “здесь-теперь” выступает точка O в начале координат. Все, что ниже оси x , — прошлое по отношению к O , а все, что выше оси x , — будущее. Сама ось x , отделяющая зону прошлого от зоны будущего, есть область настоящего. Действительно, находящееся ниже оси x , как бы оно ни было пространственно удалено от O , может послужить причиной каких-либо изменений в O . Для этого просто необходимо, чтобы соответствующее воздействие

обладало достаточно большой скоростью. Например, рассмотрим событие А. Чтобы оно могло воздействовать на О, из А в О должен распространиться некоторый сигнал. Он должен преодолеть расстояние АС за

АС время АВ, то есть иметь скорость $V = \frac{AC}{AB}$.

Как бы ни был велик числитель этой дроби и мал знаменатель, возникающая в этом случае огромная скорость допускается классической механикой.

Следовательно, события ниже оси х можно считать прошлыми по отношению к О. Аналогичное рассуждение легко провести и для будущих событий, например и.

Рисунки, подобные приведенному, интересны тем, что с их помощью удастся представить чисто геометрически любое движение,— для этого служат “мировые линии”. Мировая линия — это такая линия, на которой лежит все многообразие событий, соответствующее некоторому непрерывному процессу.

Например,
постоянной

обладающий

51

скоростью процесс распространения воздействия из А в О изображается мировой линией АО (см. рис. 1).

Согласно классической физике, возможны любые мировые линии, в частности как угодно близкие к оси x . Очевидно, что, чем ближе мировая линия к оси x , то есть чем меньше угол $\angle AOB$, тем больше

скорость рассматриваемого процесса.

Иная картина возникает в теории относительности. Ни одно воздействие не может распространяться с большей скоростью, чем

скорость света. В связи с этим область настоящего выходит за пределы оси x и занимает более обширную зону (см. рис. 2). Покажем, что это действительно так.

В основе структуры пространства-времени специальной теории относительности лежит “световой конус”, образуемый на рисунке линиями LA' и VB'' . Эти линии представляют собой мировые линии, соответствующие процессу распространения светового сигнала влево и вправо по оси x . Все, что лежит вне светового конуса (незаштрихованная часть на чертеже), в принципе не может взаимодействовать с O , так как для

этого потребовалось бы превысить скорость света. В самом деле, чтобы O могло как-то воздействовать на событие M , это воздействие должно пройти расстояние ON за время MN , то есть за время, меньшее, чем требуется для преодоления этого расстояния световому лучу (NP)! Очевидно, что это невозможно. Следовательно, вся незаштрихованная зона на чертеже представляет собой как бы область настоящего. Через нее не проходит ни одна мировая линия реального физического объекта.

В нижней части светового конуса $B'O$ A' расположены события, которые в принципе могут воздействовать на O , это — зона прошлого. В верхней же части светового конуса AOB расположены события, на которые O в принципе может воздействовать, это — зона будущего. Все реальные мировые линии, проходящие через точку O , лежат внутри мирового конуса. Последний представляет собой,

' Если бы мы добавили кроме координаты x две другие

пространственные координаты, у и г, сие-вой конус представлял бы собой трехмерную поверхность в четырехмерном пространстве.

53

Рис. 2. по образному выражению Эддингтона, как бы “ствол Вселенной”.

Рассмотренная картина мира была нарисована в 1908 г. немецким математиком Германом Минковским в его знаменитом докладе “Пространство и время” в

Геттингепском университете '. И уже давно стала общепризнанной. Поэтому пространственно-временное многообразие специальной теории относительности называют еще “миром Минковско-го”. Более того, согласно утверждению Минковско-го, только единое четырехмерное пространственно-временное многообразие (“мир”) обладает реальностью, тогда как время и пространство по отдельности превращаются в “простые тени”.

Можно ли согласиться с последним утверждением? Каково философское значение открытия Минковского? Предположим, для обсуждения этих вопросов собрались два философа, придерживающиеся несколько различного понимания проблемы реальности. В их споре выявится вся важность и вместе с тем сложность обсуждаемых проблем.

1-й философ. Я детально ознакомился с понятием пространственно-временного многообразия и с его применением

в теории относительности и готов согласиться с тем, что это понятие весьма полезно для физики, так как оно упрощает рассмотрение целого ряда вопросов. Кроме того, это понятие вскрывает реальную взаимосвязь пространства и вре-

1 Г. Минковский. Пространство и время. “Принцип относительности”. Л., 1935.

54

мени, открытую в теории относительности. Однако я никак

не могу согласиться с тем, что это понятие имеет такой же онтологический статус, как понятия времени и пространства по отдельности. Иными словами, я не согласен с утверждением, что единое четырехмерное-пространство-время существует как некоторый тип реальности.

Почему я так считаю? Мой основной аргумент состоит в том, что если мы впускаем пространственно-временное многообразие через одну дверь, то через другую мгновенно удаляются из мира течение времени и

движение. Сейчас я поясню свою мысль. По самому своему определению, единое пространство-время статично, в нем ничего никогда не меняется. Все прошлые, настоящие и будущие события в нем уже нашли свое вечное и незыблемое место. Наряду со смертью Сократа и Наполеона там уже присутствуют события, которые будут волновать человечество XXI и XXX вв. Таким образом, здесь нет течения времени, нет изменения, ничего не происходит. Любое движение и даже человеческая жизнь представляются в

пространственно-временном многообразии просто некоторой геометрической кривой, “мировой линией”. Трехмерные пространственные объекты, окружающие нас, представляют собой не что иное, как сечения четырехмерного целого, которое само по себе не может изменяться, так как дано все налицо, со всеми своими прошлыми и будущими событиями. Это означает полную геометризацию времени и движения, то есть их фактическое изгнание

55 из мира. Но разве такая картина хотя бы отчасти соответствует действительности? Действительность представляет собой многообразие конкретных процессов, длящихся, меняющихся и становящихся во времени. Неотъемлемая сторона реальности — это временное становление, течение времени. Если согласиться с тем, что все события — прошлые, настоящие и будущие — уже существуют налицо, то как же понимать все окружающие нас изменения и изменения в нас самих? Не можем же мы, вслед за Гербертом Уэллсом в его “Машине

времени”, допустить, что мир на самом деле статичен, а наше сознание движется сквозь него, благодаря чему создается иллюзия изменения!

2-й философ. Допущение реальности пространственно-временного многообразия вовсе не предполагает изгнание из мира течения времени и движения. Просто пространство-время, будучи единством составляющих его аспектов, схватывает движение в завершенности, в целостности. Время и пространство — это лишь две стороны единого целого —

четырёхмерного мира событий. Но признание реальности целого вовсе не означает отрицание реальности частей или сторон целого.

Представим себе любой процесс изменения, например строительство города. События, связанные с этим процессом, сменяют друг друга в определенной последовательности (начало, середина, конец строительства). Но, восходя на более высокую ступень абстракции, можно рассмотреть эти события как 56

элементы единого множества, как определенную целостность. При этом весь процесс предстанет перед нами как “статичный” четырехмерный объект, простирающийся в пространстве-времени. Мы как бы отвлекаемся от процесса становления и вычленяем наиболее фундаментальные аспекты действительности, требующие для своего познания большей силы логического мышления. Но это вовсе не означает, что последний подход является чисто умозрительным и не отражает

реальности. Не означает это и отрицания факта временного становления; оно просто является менее фундаментальным аспектом действительности, более непосредственно фиксируемым в опыте.

1-й философ. Я не вполне удовлетворен вашим ответом. Не следует ли из сказанного вами, что вы допускаете бытие вне времени, “вневременное бытие”? Действительно, в пространственно-временном многообразии все события уже произошли, уже существуют

налицо; пространственно-временной мир — это как бы одно “замерзшее теперь”. События этого мира не происходят, не сменяются во времени, они вечны и неизменны.

2-й философ. Вы не учитываете того, что необходимо разграничивать два различных смысла понятия “существование”: существование конкретных физических объектов и процессов во времени и существование событий и пространственно-временных структур в чисто логическом смысле термина

“существовать”. В последнем смысле прошлые и будущие события не менее реальны,

57 чем настоящие. Когда математик говорит: “существуют целые числа”, он, конечно, не имеет в виду, что целые числа существуют “во времени”, — их существование просто предполагает логическую связку “есть”, совершенно безотносительно к понятию времени. Вы можете возразить, что математические объекты, такие, как числа, не имеют онтологического статуса. Но

логический аспект понятия “существование” относится не только к математическим объектам. Например, “мир в целом” в наиболее широком смысле этого слова существует именно в этом аспекте. Да и само “время”, с реальным существованием которого вы, по-видимому, согласны, также “существует” именно в этом смысле. Ведь мы не говорим, что само время существует “во времени”, — во времени существуют лишь конкретные явления и процессы. Таким образом, допущение

“вневременного существования”
элементов четырехмерного
континуума отнюдь не
противоречит временному,
процессуальному характеру
конкретных физических явлений.

1-й философ. Существует еще
более серьезная трудность, с
которой сталкивается ваша
позиция,— это допущение
предопределенности будущих
событий, то есть фатализм. В
самом деле, насколько я вас понял,
вы полагаете, что уже сейчас, в
данный момент времени, будущие
события существуют не менее

реально, чем настоящие. Но если это так, в мире отсутствует случайность и царствует “жесткая” необходимость. Будущее уже предрешено, и бессмысленно предпринимать

58

какие-то шаги к его улучшению. Не абсурдна ли такая точка зрения?

2-й философ. Я согласен с вами, что эта точка зрения абсурдна, но я вовсе ее не придерживаюсь. Когда

мы говорим о суще-ствовашиа пространства-времени, мы, конечно, не должны думать, что оно вместе со всеми своими прошлыми и будущими событиями существует сейчас, в данный момент времени — такой способ выражения был бы логически противоречивым. Ведь мы договорились, что употребляем понятие существования в применении к пространству-времени не во временном, а в логическом смысле этого слова. Поэтому мы не имеем права говорить, что будущие события существуют “в данный момент

времени”. Они “существуют” лишь в смысле логической связки “есть”, вне всякого отношения ко времени. Согласно специальной теории относительности, утверждение, что какое-то событие M существует сейчас, в данный момент времени, означает, что оно обладает той же временной координатой, что и исходное событие O (см. рис. 3).

Вообще любые события, расположенные вне светового конуса, в известном смысле одновременны с O . В самом деле, нетрудно показать, что, переходя

от исходной системы отсчета к другой, движущейся относительно нее с соответствующей скоростью, можно добиться того, что событие N будет обладать той же абсциссой временной координатой, что и O. На геометрическом языке “мира Минковского” это означает, что оси такой системы x' , t' приблизятся симметричным образом

59 к мировой линии света, причем ось x' пройдет как раз через точку N. Очевидно, что в новой системе отсчета V будет

обладать нулевой временной координатой.

Рис. 3.

Но совсем другое дело, если рассматриваемое событие P расположено внутри светового конуса, например в зоне будущего для O . В этом случае никаким выбором системы отсчета с “начальным” событием O невозможно снабдить P нулевой временной координатой. Зона будущего и зона настоящего в корне отличаются друг от друга.

Поэтому точка зрения, что будущие события существуют в данный момент времени, лишена всякого основания и с точки зрения теории относительности некорректна. Но вовсе не является абсурдным утверждение, что будущие события существуют в логическом, “вневременном” аспекте, о котором шла речь выше. 60

Ведь очевидно, что хотя в мире нет жесткой необходимости и имеют место случайность и свобода воли, все же мир имеет только одно будущее. Путь к этому будущему протекает через

множество случайных и вероятностных процессов, но рано или поздно то, что было будущим, станет прошлым, а прошлое всегда однозначно. Поэтому нет никакого противоречия между случайным и вероятностным характером окружающих нас явлений и процессов и допущением реальности будущих событий. Допущение вечного, вневременного аспекта окружающего нас мира вовсе не ведет к фатализму.

Итак, мы ознакомились с точкой зрения двух философов на

рассматриваемую проблему. Мы полагаем, что следует присоединиться к более обоснованному подходу 2-го философа, опирающегося на данные физики, что пространственно-временное многообразие — это не просто изобретенный людьми абстрактный объект, используемый в физической теории, а один из видов физической реальности, несомненно удовлетворяющий приведенным выше методологическим критериям существования. Сомнения в применимости в данном случае

условия наблюдаемости
неосновательны. Когда мы
измеряем лишь время и
пространство по отдельности, мы,
по сути дела, измеряем особые
пространственно-временные
интервалы, которые в теории
относительности называют
“временеподобными” и “про-

61 пространственноподобными”.
Так, любое измерение промежутка
времени есть, по сути дела,
измерение интервала между двумя
событиями (“временшподобного”
интервала). Если бы человеческие
существа жили в условиях очень

больших скоростей, сравнимых со скоростью света, взаимосвязь времени и пространства, открытая в теории относительности, наблюдалась бы даже в обыденной жизни. Тогда пространственно-временное многообразие воспринималось бы людьми гораздо более непосредственно, чем теперь. Именно такая ситуация может возникнуть в будущих межзвездных перелетах с помощью фотонных ракет.

Основные свойства

макропространства

и макровремени

С точки зрения здравого смысла кажется совершенно очевидным, что время длится, а пространство простирается в трех измерениях. Однако научно определить понятия протяженности и длительности не так просто, так как в этом случае требуется решить вопрос возможности измерения расстояний между точками пространства и моментами времени. Однако такая операция

вовсе не является самоочевидной. Можно придумать математические пространства, в которых в принципе нет места понятию расстояния.

В теории относительности вводится представление о единой пространственно-времен-

62

ной протяженности. Такая протяженность измеряется расстояниями между событиями (пространственно-временными

интервалами). Можно сказать, что выражение для пространственно-временного интервала (метрика) $S = \text{SQRT}(c^2t^2 - (x^2 + y^2 + z^2))$ — это и есть наиболее общее определение протяженности в специальной теории относительности.

Однако понятие протяженности включает в себя не только понятие длины и пространственно-временной метрики, но и все производные от них или вытекающие из них понятия и свойства. Подобные свойства называют метрическими. Ими

являются, например, площадь, объем, угол и другие величины. К метрическим свойствам обычно также относят однородность и изотропность пространства и однородность времени. (Однородность пространства состоит в равноправности всех его точек, в отсутствии выделенных точек, а изотропность — в равноправности всех его направлений.)

Эти свойства выражают в основном количественный аспект пространства и времени. Но, как показал еще Лейбниц,

пространство и время имеют не только количественный, но и качественный, топологический аспект. Топологические свойства геометрических объектов характеризуются тем, что они сохраняются при любых взаимно-однозначных и взаимнонепрерывных преобразованиях и потому являются более фундаментальными, чем метрические.

Основными топологическими и порядковыми свойствами макроскопического прост-

63 ранства-времени являются
четырёхмерность, непрерывность
и упорядоченность.
Макроскопическое пространство
трехмерно, непрерывно, обладает
эвклидовой топологией.
Макроскопическое время
одномерно, непрерывно, линейно-
упорядоченно и однонаправленно.
В 1911 г. голландским
математиком Л. Брауэром было
доказано, что размерность
пространства — это его
топологическое свойство, то есть
оно не изменяется при
непрерывных и взаимно-

однозначных преобразованиях, совершаемых с пространством.

Четырехмерность пространства-времени следует из трехмерности пространства и одномерности времени.

Самая общая характеристика непрерывности нашего пространства-времени состоит в том, что множество всех событий в мире обладает “мощностью континуума”, то есть эквивалентно множеству действительных чисел. Макровремя есть континуум

моментов, а макропространство — континуум точек. Это означает, что точки пространства и моменты времени невозможно пересчитать: они представляют собой несчетные множества. Кроме того, непрерывность пространства предполагает его топологическую связность. Пространство называется связным в том случае, если его нельзя разбить на две изолированные части. Изолированными считаются такие части, которые невозможно соединить непрерывной линией, принадлежащей данному пространству.

Наконец, говоря о непрерывности пространства, часто имеют в виду аксиому Архи-

64

меда, смысл которой сводится к тому, что любой отрезок прямой может быть разделен на сколь угодно малые части. Аналогично любой промежуток времени делим до бесконечности.

Упорядоченность
пространственно-временного

многообразия следует из подразделения его событий на более ранние и более поздние. Из любых двух событий многообразия (см. рис. 4), между которыми возможна причинная взаимосвязь, одно всегда является более ранним, а другое — более поздним ($* <^*$).

Рис. 4.

Однако отношение “раньше — позже” устанавливается не для всех пар событий многообразия. Если между двумя данными

событиями в принципе
невозможна причинна

3 А. М. Мостепаненко 65
взаимосвязь, их называют
несравнимыми с точки зрения
отношения “раньше — позже”.
Они выпадают из порядка
многообразия. Поэтому следует
говорить лишь о частичной
упорядоченности
пространственно-временного
многообразия. Обращаясь к рис. 4,
можно увидеть, что такими
несравнимыми являются событие 1
и любое событие 2, лежащее вне
светового конуса.

Рассмотрим с точки зрения понятия порядка временные и пространственные оси различных инерциальных систем отсчета: t, t' ; x, x' (рис. 4). Очевидно, что временные оси t, t' и т. д. являются упорядоченными множествами событий. Более того, так как они лежат внутри светового конуса, на них вовсе отсутствуют несравнимые события — все они упорядочены. В математике подобные множества называют линейно-упорядоченными.

Напротив, пространственные оси x, x' и т. д. лежат вне светового

конуса и состоят сплошь из несравнимых событий.

Линейная упорядоченность является одним из важнейших свойств нашего времени. Моменты времени располагаются относительно друг друга в порядке, подобном порядку течек на прямой линии, но имеющем особый (асимметричный) характер. Мы говорим, что точкам эвклидовой прямой присуще свойство промежуточности, согласно которому из любых трех ее различных точек A , B , C одна, и только одна, B лежит между двумя

другими. Однако линейная упорядоченность времени не сводится к промежуточности его моментов. Для времени, в отличие от простран-

66

ства, характерно асимметричное отношение предшествования: $x < y$, подчиняющееся аксиомам линейно-упорядоченного множества '.

С этим связано другое важное свойство времени — его

однонаправленность. Это свойство выражается в том, что: (а) в мире реализуется одно из двух возможных направлений временной оси, (б) именно то, которое следует от прошлого к будущему и которое фиксируется с помощью необратимых процессов.

В связи с перечисленными основными свойствами макроскопического пространства-времени возникает ряд важнейших философских проблем.

Пространство-врем

и законы сохранения

Почему в нашем мире реализовались именно данные свойства пространства и времени, а не какие-либо иные? Ведь в математике могут быть построены пространства со свойствами, сильно отличающимися от рассмотренных выше.

К сожалению, теория относительности на этот вопрос фактически не дает ответа. Большинство свойств в ней постулируется с самого начала,

принимается чисто
аксиоматически. Поэтому попытки
их обоснования сталкиваются с
логическими трудностями. По об-

1 См. К. Куратовский. Топология,
т. 1, 1966, стр. 33.

3* 67 разному выражению
Эддингтона, теория
относительности должна выйти из
собственных берегов, чтобы
получить определение длины, без
которого она не может
существовать '.

В связи с этим представляет интерес предположение, что основные свойства симметрии макроскопического пространства и времени обусловлены физическими законами сохранения

2. Стимулом для такого предположения служит известная теорема, доказанная в 1918 г. немецким математиком Эмми Нётер. Согласно теореме Нётер, каждое свойство симметрии пространства и времени можно сопоставить с каким-либо законом сохранения. Так, из однородности пространства следует закон сохранения импульса, из

изотропности пространства — закон сохранения момента количества движения, а из однородности времени — закон сохранения энергии. Таким образом, все эти законы выводятся из отдельных свойств симметрии пространства

и времени.

Данные законы играют очень важную роль в физике. Они считаются всеобщими, до сих пор не найдено ни одного исключения из них. Вместе с тем полагают, что

вся совокупность законов
сохранения выражает
субстанциальность движущейся
материи, принцип ее
несотворимости и
неуничтожимости.

1 A. Eddington. The philosophy of
physical science. Cambridge, 1939, p.
76.

2 См. К). Б. Румер, Н. Ф.
Овчинников. Пространство —
время, энергия — импульс в
структуре физической теории.

“Вопросы философии”, 19G8, № 4,
стр. 82.

68

Например, утверждение, что энергия в замкнутой системе при всех изменениях и превращениях в ней остается постоянной, не возникает и не исчезает, может быть истолковано как одно из проявлений этого принципа. Поэтому представляется чрезвычайно заманчивым показать, что свойства симметрии пространства и времени

обусловлены именно законами сохранения.

Однако, к сожалению, такие надежды оказываются неосуществимыми. В самом деле, чтобы получить искомое обоснование, необходимо доказать утверждение, обратное теореме Нётер, то есть что свойства симметрии выводятся из законов сохранения. Но математический анализ показывает, что данный вывод неверен: теоремы, обратной по отношению к теореме Нётер в ее классической формулировке, не существует. Это вытекает, в

частности, из работ новосибирского математика Н. Х. Ибрагимова¹, который доказал, что ряд конкретных законов сохранения не имеют соответствующих свойств симметрии. Возникает представление, что свойства симметрии представляют собой более глубокую сторону действительности, чем законы сохранения, и требуют иного обоснования.

1 См. Н. Х. Ибрагимов. Инвариантные вариационные задачи и законы сохранения

(Замечания к теореме Нё'тер).
“Теоретическая и математическая
физика”, т. 1, 1969, № 3, стр. 350.

69 Почему нагие пространство
имеет три измерения?

Впервые на вопрос,
поставленный в заголовке,
попытался ответить Аристотель. В
своей книге “О небе” он заявил,
что только наличие трех
измерений обеспечивает
совершенство и полноту мира.
Одно измерение, рассуждал
Аристотель, образует линию. Если

добавить к линии другое измерение, получим поверхность. Дополнение поверхности еще одним измерением образует объемное тело. Однако выйти за пределы объемного тела к чему-то иному уже невозможно, так как всякое изменение происходит в силу какого-либо недостатка, а таковой здесь отсутствует.

Легко видеть, что приведенный ход мысли Аристотеля страдает одной существенной слабостью: остается неясным, почему именно трехмерное объемное тело обладает полнотой и

совершенством. В свое время Галилей справедливо высмеял мнение о том, что “число 3 есть число совершенное и что оно наделено способностью сообщать совершенство всему, что обладает троичностью”¹.

Несколько “усовершенствовал” доказательство Аристотеля Гегель. По его словам, лишённое различия вне-себя-бытие есть точка; отрицание точки, точка как снимающая себя, есть линия. Но истина инобытия — отрица-

1 Г. Галилей. Диалог о двух главнейших системах мира птолемеевой и коперниковой. М.—Л., 1948, стр. 25.

70

ние отрицания, представляющее собой область пространства, отграниченную некоторой замкнутой поверхностью¹. Аналогичный ход рассуждения приводится и Шеллингом². Как справедливо заметил американский философ Милич Чапек³, натурфилософские

попытки решить проблему
трехмерности пространства
напоминают попытки некоторых
средневековых схоластов
разрешить вопрос о том, почему
число божественных личностей в
точности равно трем.

Одним из первых научных
обоснований трехмерности
пространства, опирающихся на
данные естествознания, было
доказательство Канта⁴. Кант
рассуждал следующим образом.
Так как в g -мерном пространстве
закон всемирного тяготения

1 См. Гегель. Соч., т. II. М.—Л., 1934, стр. 45.

2 См. Ф. В. И. Шеллинг. Система трансцендентального идеализма. Л., 1936, стр. 152—158.

3 М. Сапес. The philosophical impact of contemporary physics. N. Y., 1961, p. 28.

4 См. И. Кант. Соч. в шести томах, т. 1. М., 1963, стр. 71.

5 Подробнее см. А. М.
Мостепаненко, М. В. Мо-
степаненко. Четырехмерность
пространства и времени. М—Л.,
1966, стр. 76.

71 что такая зависимость
обусловлена лишь свободной волей
бога, который мог бы выбрать и
любую другую возможность.

Впоследствии были
предприняты попытки развить
далее кантонское доказательство.
Рассмотрение проблемы
устойчивости планетных орбит в

пространствах различного числа измерений показало, что в пространствах с размерностью, большей трех, устойчивые орбиты планет невозможны: планета либо падает на центральное светило, либо улетает прочь'. Следовательно, в- многомерных пространствах не могли бы создаться условия, необходимые для возникновения жизни.

Аналогичная ситуация имеет место и в случае движения электронов в атоме. Как показывает исследование уравнения Шредингера для случая

n-мерного атома водорода, в пространствах с размерностью, большей трех, атомы становятся неустойчивыми — электроны мгновенно падают на ядра². Следовательно, в многомерных пространствах было бы невозможно атомное строение вещества, в частности существование живых организмов, построенных из атомов и молекул.

Другой подход к проблеме обосновани

1 P. Ehrenfest. In what way does it become manifest in the fundamental laws of physics that space has three dimensions? “Proceedings of Amsterdam Academy”, 1918, vol. 20, p. 200.

2 L. Gurevich, V. Mostepanenko. On the existence of atoms in n -dimensional space. “Physics Letters”, vol. 35 A, No. 3, p. 201; см. А. М. Мостепаненко, В. М. Мостепаненко. Почему наше пространство имеет три измерения? “Природа”, 1970, № 9.

трехмерности пространства опирается на законы оптики. Как показал французский математик Жак Адамар, в пространствах четного числа измерений не выполняется одна из важнейших закономерностей оптики — принцип Гюйгенса. Например, если в двумерном пространстве производится вспышка источника света в точке O в момент t_1 , то в некоторый более поздний момент времени t_2 возникшее излучение будет локализовано не только па

фронте волны (окружность с радиусом $K = C(t_2 - t_1)$, где C --- скорость фронта волны), но и на более близких расстояниях от источника.

Если исходить из того, что в нашем мире этот принцип непременно выполняется, то пространство должно иметь нечетное число измерений. Однако почему же оно оказывается равным именно трем, а не пяти, семи и т. д.? На этот вопрос помогает ответить один математический факт, на который обратил внимание американский

математик Курант. Оказывается, что только в трехмерном пространстве возможно решение волнового уравнения в виде сферической волны. В пятимерном или семимерном воображаемом мире сферические волны непременно искажались бы по мере их распространения, и только в трехмерном пространстве возможна их точная передача. В этом смысле условия в нашем мире оказываются особо благоприятными для передачи информации без искажения.

Итак, мы рассмотрели все основные попытки решить проблему теоретического обо-

73 снования трехмерности пространства. В какой мере их можно считать успешными? Каково их философское значение? Чтобы нагляднее представить ответы на эти вопросы, приведем воображаемую дискуссию Ф и-л о с о ф а и Т е о л о г а, выступающих с диаметрально противоположных позиций.

Теолог. Я внимательно ознакомился с современными обоснованиями трехмерности пространства и пришел к выводу, что все они лишний раз подтверждают мудрость Творца, предусмотревшего при сотворении мира все необходимое для его полноты и совершенства. Из философов, занимавшихся этой проблемой, ближе всех к истине, по-моему, был Аристотель, указавший, что именно три измерения обеспечивают совершенство и полноту мира. Но Аристотель еще не имел убедительных доказательств своего

взгляда. Они были найдены при дальнейшем развитии науки. Как показали исследования, если бы наше пространство имело не три, а большее число измерений, мир был бы гораздо менее совершенным. В нем не было бы ни атомов, ни молекул, ни построенных из них вещественных тел. Он был бы менее совершенным и с точки зрения возможностей передачи информации. Более того, в нем было бы невозможно существование человека и даже низших форм жизни. Творцу были заранее известны все варианты его

создания, и он создал именно такое пространство, которое обеспечивает существование наилучшего из возможных миров.

Философ. Все ваши рассуждения ос-

74

новываются, по существу, на телеологии, согласно которой все процессы в мире обусловлены не объективными закономерностями, а целью, поставленной высшим существом. Этот взгляд,

восходящий к Аристотелю, нашел особенно благоприятную почву в биологии. Когда люди сталкивались с фактами приспособления в живой природе, они часто объясняли это целесообразностью. Подобные объяснения основывались на антропоцентризме и на приписывании природе мотивов и целей человеческих поступков.

Теолог. Уж не думаете ли вы, что в решении проблемы трехмерности пространства имеется какая-то аналогия с биологической борьбой

за существование и естественным отбором?

Философ. Конечно, нет. Дело обстоит гораздо проще. Можно ли быть уверенным, что кроме нашего мира во Вселенной не существуют другие, менее “совершенные” миры? Для нас наша планета является привычной, и мы склонны считать ее “совершенной”, потому что она обеспечивает нам существование. Но ведь нельзя отрицать того факта, что имеются необитаемые космические тела, непригодные для жизни. Почему же мы должны

с порога отрицать возможность многомерных миров лишь па том основании, что они не обеспечивают существование живых организмов?

Теолог. Чем же вы объясняете, что на протяжении тысячелетий наука безуспешно бьется над разрешением проблемы трехмерности пространства, тогда как с позиций те-

75 леологии эта проблема находит простое и естественное решение?

Ф и л о с о ф. Проще всего при решении какой-либо сложной научной загадки отбросить аргументацию и провозгласить: “Бог так создал!”

Главная причина трудностей решения рассматриваемой проблемы связана с особой общностью и фундаментальностью трехмерности пространства как его основного топологического свойства, а также с тем, что научное познание долгое время не выходило за пределы той обширной предметной области, в

которой это свойство было универсальным. Но по-видимому, в принципе невозможно получить научное теоретическое обоснование фундаментальных свойств пространства и времени, исходя из той области явлений, в которой эти свойства универсальны.

В самом деле, универсальные свойства должны входить в систему исходных постулатов, на которых строятся физические теории. Следовательно, последние никак не могут дать непротиворечивого теоретического

обоснования рассматриваемых свойств. Чтобы получить его, необходимо вывести данные свойства из каких-то более фундаментальных научных положений. Но более фундаментальных положений, чем исходные постулаты, в данной теории быть не может. Поэтому получается круг в доказательстве. Более того, даже в тех случаях, когда соответствующие теории предварительно формально обобщаются на случай измерений (например, n -мерный закон тяготения Нью-

тона или n -мерное уравнение Шредингера), все рассуждения ведутся в основном в рамках классических пространственно-временных представлений. Следовательно, и в данных случаях обоснование свойств пространства и времени не является логически безупречным. Это и служит основной причиной тех трудностей, которые вас так удивляют.

Теолог. Но можно ли в принципе преодолеть их научными методами? Не сталкиваемся ли мы здесь с принципиальной ограниченностью человеческого разума в познании природы?

Ф и л о с о ф. Ответ на поставленный вами вопрос зависит от решения следующей проблемы: являются ли топологические свойства нашего пространства и времени универсальными в самом широком философском смысле этого слова? Если предположить, что это на

самом деле так, они должны постулироваться в любой будущей физической теории. В этом случае их теоретическое обоснование будет невозможным. Но если данные свойства хотя и чрезвычайно общи, но не универсальны, то есть могут уступать место другим при необычных физических условиях, то проблема их теоретического обоснования рано или поздно может быть разрешена. Для этого необходимо вывести их в рамках фундаментальной физической теории, основывающейся на иных, более глубоких постулатах.

Теолог. Можно ли уже сейчас что-либо сказать по поводу данной теории, или предположения о ней являются чисто умозрительными?

77 Философ. Макроскопическая пространственно-временная структура, по-видимому, обусловлена фундаментальными микроявлениями, п, чтобы ее обосновать, необходимо дальнейшее развитие теории элементарных частиц. Современной теорией квантовых полей и элементарных частиц был обнаружен новый тип реальности

— физический вакуум, представляющий собой квантовое поле в наинизшем энергетическом состоянии, то есть поле без квантов поля (элементарных частиц). Физический вакуум пронизывает собой все пространство, это особо глубокий и универсальный тип реальности. Можно предположить, что именно он обуславливает топологическую структуру макространства, в том числе и его трехмерность.

Теолог. Все же я вижу в вашей аргументации одну существенную непоследовательность. Я думаю,

вы со мной согласитесь, что в основе любой философской системы лежат такие универсальные принципы и постулаты, которые не могут быть выведены из более фундаментальных посылок. Но если это так, то единственным основанием для принятия подобных универсальных положений является вера в их истинность. Без обращения к вере оказывается невозможным какое бы то ни было универсальное знание.

Философ. Ни о какой логической непоследовательности здесь не может быть и речи. Нужно просто иметь в виду, что характер обоснования универсальных и неуниверсальных истин различен. Принцип материальности мира или принцип развития не могут

78

быть выведены дедуктивным путем из каких-либо более фундаментальных посылок. Но это вовсе не означает, что эти принципы принимаются на веру,—

они подтверждаются всей общественно-исторической и научной практикой человечества. Что же касается трехмерности пространства, то это — конкретное физическое свойство. Попытка возвести его в ранг общефилософского принципа была бы явным и ничем не оправданным смешением естественнонаучных и философских категорий.

Теолог. Мне кажется, вы пришли к довольно парадоксальным для материалиста следствиям. Положение о том, что материя существует в пространстве с тремя

измерениями, издавна было
оплотом материализма.
Философы-материалисты резко
критиковали тех мыслителей,
которые допускали четвертое
измерение и существование
объектов вне нашего трехмерного
мира. А вы утверждаете, что
свойство трехмерности
неуниверсально и что могут
существовать пространства иного
числа измерений.

Философ. Не следует смешивать
два разных вопроса: 1) сколько
измерений имеет пространство
мира, в котором мы живем? и 2)

существуют ли в иных областях мира и при иных физических условиях пространства с иным числом измерений? Трехмерность действительно важное объективное свойство нашего пространства, это положение и сейчас не подлежит никакому сомнению. Материалистическая критика спиритуалистических спекуляций вокруг свойства

79 трехмерности, игнорирующих это обстоятельство, полностью сохраняет свою силу. Но вместе с тем это свойство пространства нельзя абсолютизировать,

возводить в ранг универсального. Материалистическая диалектика, опирающаяся на данные современной науки, допускает качественное многообразие в мире пространственно-временных отношений.

Материя есть, по выражению Спинозы, *causa sui*, то есть причина самой себя. Это, в частности, означает, что любое физическое свойство материи, как бы оно ни было фундаментально, обусловлено самой материей. Чтобы обосновать то или иное свойство материи, нет никакой

нужды обращаться к
сверхъестественному, достаточно
обратиться к более глубоким
физическим явлениям и
закономерностям. Итак, та
парадоксальность, о которой вы
говорили, лишь кажущаяся,
связанная с устаревшими
представлениями и
предрассудками критиков
материализма. Нет никакого
сомнения, что проблема
трехмерности пространства,
подобно другим сложным научным
проблемам, будет решена в полном
соответствии с научным

материалистическим
мировоззрением.

Порядок и направление, времени

Много споров среди ученых
вызывает проблема теоретического
обоснования порядка и
направления времени. Почему
моменты времени упорядочены,
подобно точкам на

прямой линии? Почему
временной порядок асимметричен
и время течет от прошлого, через

настоящее к будущему? На эти вопросы до сих пор не получено однозначных и окончательных ответов.

Выше уже подчеркивалось наличие тесной связи понятий времени и причинности. Эта связь выражается прежде всего в том, что причина всегда предшествует следствию, что причинный и временной порядки событий в точности копируют друг друга. Именно это положение лежит в основе структуры “мира Минковского”. Но оно применялось в классической

физике еще задолго до появления теории относительности. Так, если последующие состояния изменяющейся физической системы рассматриваются как следствия ее предшествующих состояний, то вся история системы может быть представлена как линейная причинная цепь, то есть как незамкнутая цепочка взаимосвязанных событий, каждое из которых выступает причиной одного события и следствием другого: — А — В — С — Д —. Этот причинный порядок изоморфен соответствующему временному порядку: — $\wedge_A$ — $\wedge_B$ —

t_c — t_0 —, который характеризуется отношением “раньше — позже” и понятием временной промежуточности. Так, момент t_d предшествует моменту t_b , а t_s лежит между t_a и t_c .

На основе подобных соображений возникла причинная теория времени, согласно которой временной порядок можно вывести из причинного. Согласно этой теории, причинные отношения лежат в основе временных

81 отношений, обуславливают их. Предполагается, что причинный порядок мира — ключ к пониманию природы и свойств нашего времени.

Основателями такого подхода были еще Лейбниц и Кант. Но особенно детально он был разработан в XX в. Гансом Рейхенба-хом, который полагал, что ему удалось свести временной порядок к причинному '.

Рейхенбах начинает со
следующего очевидного

определения временной последовательности событий: если E_2 — следствие E_1 , то E_2 совершается позже, чем E_1 . Но здесь сразу же возникает серьезная трудность: каким образом, не обращаясь вовсе к понятию временной последовательности, отличить причину от следствия? Для ее преодоления Рейхенбах предлагает метод маркировки. Если E_1 — причина E_2 , то малое изменение (метка) E_1 влечет соответствующее изменение E_2 , тогда как малое изменение E_2 не связано с каким-либо изменением E_1 . Мы наблюдаем на опыте лишь

комбинации: E_1E_2 , $E_1^*E_2^*$, $E_1E_2^*$ и никогда не наблюдаем $E_1^*E_2$.

Пусть из точки А в точку В бросают камень. Если в точке А камень помечен мелом, то он будет нести ту же самую метку и по прибытии в точку В. Если же камень помечают лишь по его прибытии в В, он, естественно, не имеет метки в точке А.

Однако, как заметили Дж. Уитроу и

1 Н. Reichenbach. The philosophy of space and time. N. Y., 1958, p. 135—143; см. Г. Рейхенбах. Направление времени. М., 1962, стр. 41—44.

82

А. Грюнбаум, при таком рассуждении допускается скрытый логический круг: при определении причинного порядка неявно используется то самое понятие временного порядка, которое необходимо вывести. Представим на минуту, что в нашем мире нет

ни течения времени, ни временной последовательности и что все события как бы “даны налицо”. Так как привычный опыт временной последовательности будет отсутствовать, он уже не сможет нам помочь в различении причины и следствия. Мы столкнемся с отдельными событиями типа E_1, e_2, E_1^*, E_2^* , но никак не сможем решить, какие их попарные сочетания допустимы, а какие нет. Следовательно, мы не сможем отделить причину от следствия с помощью рецепта маркировочного метода Рейхенбаха. Обращаясь к

приведенному выше примеру с камнем, видим, что в точках А и В имеются как камни, помеченные мелом, так и камни, не помеченные мелом. Ввиду того что мы не знаем, каким образом можно, а каким нельзя их попарно комбинировать, мы не можем исключить пару $E \setminus E^2$, на отсутствие которой опирается маркировочный метод Рейхенбаха.

По мнению Рейхенбаха, причинная теория времени подтверждается специальной теорией относительности, согласно которой временной

порядок событий остается неизменным при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой только в том случае, если рассматриваемые события могут быть соединены посредством физических сигналов. Иными словами, абсолютный времен-

83 ной порядок между событиями имеет место лишь тогда, когда возможна причинная связь между ними.

Однако, на наш взгляд, теория относительности не является убедительным подтверждением причинной теории времени. Здесь есть одна деталь, на которую не всегда обращается должное внимание. Действительно, согласно теории относительности, для наличия абсолютного временного порядка между событиями достаточно, чтобы они в принципе могли быть соединены физической каузальной связью, однако фактическое осуществление такой связи вовсе не является необходимым. Чтобы решить, какое из двух событий, А

или В, произошло раньше, вовсе не обязательно соединять их реальным физическим сигналом, достаточно доказать, что такая связь в принципе возможна. Поэтому причинная теория времени оказывается вынужденной выводить временной порядок из возможного, а не фактически присутствующего причинного порядка. Но при этом и допускается круг в рассуждениях, так как возможный причинный порядок фактически есть не что иное, как тот же самый временной порядок, который требуется вывести! Марио Бунге называет

мнение о том, что временной порядок выводим из причинного одним из широко распространенных мифов.

Не спасает положения и новейший вариант причинной теории времени, предложенный А. Грюнбаумом¹. А. Грюнбаум, учиты-

1 См. А. Грюнбаум. Философские проблемы пространства и времени. М., 1969, стр. 230—263.

вая то обстоятельство, что принцип причинности не дает независимого критерия для определения асимметричного линейного порядка времени, попытался вывести из причинного порядка лишь свойство временной промежуточности. В своем анализе он исходил из множества генетически тождественных событий, принадлежащих обратимому каузальному процессу, то есть, как он пишет, из “симметричного причинного отношения”. Разъясним употребленные здесь термины.

Генетически тождественными событиями или состояниями называются такие события, которые относятся к одной и той же изменяющейся физической системе, то есть системе, остающейся тождественной самой себе в течение некоторого промежутка времени. Например, физические и психические состояния индивидуума могут быть различными, но так как они относятся к одному и тому же индивидууму — они генетически тождественны. Таким образом, изменяющуюся физическую систему можно представить как

цепочку генетически
тождественных событий,
сменяющих друг друга: ...— А — В
-

— С — Д—... Если
рассматриваемый нами процесс
необратимый, как, например,
старение человека,
последовательность событий,
обратная по отношению к
исходной (...— Д—

— С — В — А — ...),
невозможна. Но если процесс
обратим, как, например, колебания

маятника, такая обратная последовательность возможна. Важно, однако, то, что и в прямой, и в обратной последовательности порядок (точное, промежуточность) событий

85 остается тем же самым. Например, событие В будет в обоих случаях расположено между А и С.

Как отмечает А. Грюнбаум, в случае таких обратимых процессов нет никаких оснований считать одно из двух генетически

тождественных событий
причиной, а другое -следствием.
Они полностью симметричны,
тогда как для определения
причинно-следственного
отношения нужна некоторая
асимметрия. Тем самым мы не
можем.определить понятие
временной последовательности.
Но, по мнению Грюнбаума, исходя
из таких процессов, можно
определить понятие временной
промежуточности. Он приходит к
выводу, что любое событие,
принадлежащее к некоторой
непрерывной цепи явлений,
соединяющей пару генетически

тождественных событий A и B ,
расположено между A и B .

Интересно, что временной
порядок, к которому приходит A .
Грюнбаум, это не есть обычный
линейный временной порядок, о
котором мы уже говорили.
Временная промежуточность в
понимании Грюнбаума имеет
место и при линейной, и при
замкнутой временной оси. Так,
при обратимом процессе,
подобном качанию маятника, по
мнению Грюнбаума,
периодическое возвращение
маятника в исходное положение

можно рассматривать как его возвращение в тот же самый исходный момент времени A , с которого началось колебание. Если бы вся Вселенная состояла из какого-нибудь одного обратимого процесса, в ней можно было бы ввести “циклическое время”. Но так как во Вселен-

86

ной имеется множество процессов, между которыми существует определенная координация, замкнутость или

незамкнутость временной оси определяется характером этой координации (как говорят физики, начальными и граничными условиями).

Таким образом, попытка сохранить, хотя бы в ослабленном виде, причинную теорию времени предполагает сведение природы времени к отношению временной промежуточности, понимаемой к тому же в чрезвычайно абстрактном смысле. Но основным ее недостатком, как и всех предшествующих, является неявный логический круг.

Действительно, исходным пунктом в данном подходе служит понятие генетического тождества. Но ведь последнее само основывается на возможности различения моментов времени и установления временной последовательности событий. Очевидно, что наличие временного порядка не предполагает наличия цепей генетического тождества, тогда как последние предполагают первое. Следовательно, построение А. Грюнбаума является, по сути дела, лишь одним из косвенных эмпирических обоснований

некоторых аспектов временного порядка.

Итак, различить причину и следствие на языке, не использующем вовсе временных критериев, оказывается делом невыполнимым. С другой стороны, причинный порядок естественным образом формулируется в терминах временного порядка. Согласно теории относительности, абсолютный временной порядок служит необходимым условием при-

87 чинного, но не наоборот. Возникает даже подозрение, что первый в окружающем нас мире является в каком-то смысле предпосылкой последнего и имеет гораздо более фундаментальный статус. При этом все столь же загадочной остается старая проблема: чем обусловлен сам временной порядок?

В свое время Платон решал эту проблему следующим образом. Он полагал, что время—это упорядочивающий элемент Вселенной, введенный демиургом,

чтобы превратить хаос в космос. Как видим, данная проблема решалась Платоном с позиций телеологии: наличие в мире временного порядка необходимо потому, что оно делает наш мир более совершенным. Здесь та же самая логика, которой придерживался Аристотель при решении проблемы трехмерности пространства, и это не удивительно. Трудности, возникающие при анализе топологических свойств пространства и времени, имеют единую природу. Фундаментальный п

универсальный характер этих свойств приводит к появлению логических кругов в попытках их теоретического обоснования, к телеологическим псевдодоказательствам и т. д.

Однонаправленность времени в смысле (а) (см. стр. 67) также не вытекает из причинного порядка. Это свойство следует из линейной упорядоченности времени. Однако в связи с тем, что временной порядок, как мы видели, не удастся вывести из причинного, однонаправленность времени

также оказывается невыводимой из свойств причинности. 88

С другой стороны, однонаправленность времени в смысле (б) не должна, как видно, обуславливаться временным и причинным порядками. Независимо от того, какое из двух противоположных направлений нашего времени реализуется в действительности, свойства причинного порядка остаются нетронутыми. Так, причинный порядок —А — В — — С —• Д — не отличается по своим свойствам от порядка: — Д — С — В — Л —.

В обоих случаях отсутствуют замкнутые причинные цепи и выполняется закономерность: причина предшествует следствию. Просто то событие, которое в первом случае рассматривалось как причина, во втором рассматривается как следствие, и наоборот. Подобная ситуация, с точки зрения обыденного Понимания, может показаться пеленой, однако с теоретических позиций она вполне приемлема. Нельзя согласиться с мнением, что при обратном направлении времени законы природы и принцип причинности оказались

бы нарушенными: большая часть фундаментальных законов природы симметрична относительно замены / на $-t$, и, следовательно, подчиняющиеся им процессы и явления даже в случае изменения знака времени протекали бы в полном соответствии с принципом причинности.

Наиболее естественным подходом к проблеме теоретического обоснования однонаправленности времени является попытка вывести это свойство из закона повышения

энтропии (впервые эта мысль была высказа-

89 на Л. Больцманом'). В самом деле, все окружающие нас макроскопические процессы, строго говоря, необратимы, не могут идти в обратном направлении. Если мы размешиваем в чашке чая сахар, происходит его растворение, равномерное распределение по всему объему жидкости. Но было бы нелепо надеяться на осуществление обратного процесса: самопроизвольное разделение растворителя и

растворенного вещества возможно разве что на киноплёнке, пущенной в обратном направлении. Старение организмов лишь один из примеров того неисчерпаемого множества необратимых процессов, с которыми мы сталкиваемся в обыденной жизни. Направление, в котором протекают эти процессы, характеризуется особой физической величиной — энтропией. Если имеется замкнутая, изолированная от остального мира система, в которой протекают необратимые процессы, энтропия этой системы

может только увеличиваться, что свидетельствует о ее переходе из более упорядоченного к менее упорядоченному, но более вероятному состоянию.

Однако точка зрения, согласно которой направление нашего времени — это то, в котором возрастает энтропия в изолированных системах, сразу же столкнулась с серьезными трудностями. Закон повышения энтропии в замкнутых системах имеет статистическую природу и выполняется лишь в среднем дл

См. Л. Больцман. Лекции по теории газов. М.,

макроскопических систем, содержащих огромное количество атомов и молекул. Чем меньше размеры рассматриваемой системы, тем большие случайные отклонения (флуктуации) от этого закона имеют место. Кроме того, за достаточно большие промежутки времени отклонения возможны и для больших объектов.

Лошмидтом, Цермело и Пуанкаре был сформулирован так называемый “парадокс обратимости”. Если имеется изолированная система при сравнительно низком значении энтропии, то сначала последняя, как ей и положено, будет возрастать и достигнет некоторого равновесного значения. Однако в последующем, через достаточно большой промежуток времени, она может вновь понизиться до первоначальной величины. Более того, переходы системы к низким значениям энтропии будут происходить в среднем столь же

часто, как и переходы к высоким ее значениям. Это, казалось бы, сводит на нет определение направления времени с помощью закона повышения энтропии.

Однако расчеты показывают, что промежутки времени, за которые, согласно теории, могут произойти значительные понижения энтропии макросистемы, равны приблизительно 10^{10} лет, что, очевидно, на много порядков превышает все разумные оценки времени существования нашей Вселенной (приблизительно 10^{10} лет). В связи с этим мы можем не

опасаться, что произойдут явления такого рода, как самопроизвольное разделение растворителя и растворенного в нем ве-

91 щества или разделение азота и кислорода в земной атмосфере. Опыт свидетельствует, что в любой замкнутой макросистеме энтропия увеличивается до определенной максимальной величины, после чего остается приблизительно постоянной. Следовательно, несмотря на “парадокс обратимости”, можно принять, что то направление, в котором протекает большинство

необратимых процессов в
изолированных системах, и
фиксирует направление нашего
времени.

Свое толкование
однонаправленности времени дает
Рейхенбах. Исходя из того, что
единичная изолированная система
не может служить “эталон”
направления времени, так как за
достаточно большие промежутки
времени ее энтропия будет как
повышаться, так и понижаться, он
обращается к целому ансамблю
изолированных систем,
ответвившихся от энтропийной

кривой Вселенной. В окружающем нас мире имеется множество таких систем, которые первоначально по какой-либо причине имеют низкую энтропию, а затем эволюционируют от порядка к беспорядку, в сторону более высокой энтропии, почти не взаимодействуя с окружающей средой. Например, кусок льда, плавающий в стакане с водой, постепенно тает. Сначала такая система имеет более низкую энтропию, чем окружающая среда и тем самым как бы отбрасывается от энтропийной кривой Вселенной. Но затем, по мере того

как ее энтропия повышается, система вновь сливается с этой кривой. Ансамбль такого рода процессов и анализирует Рейхенбах. В таком ансамбле

92

вероятность того, что за состоянием с низким значением энтропии следует состояние с более высоким, больше вероятности того, что за состоянием с высоким значением энтропии следует состояние с более низким.

Данный вывод Рейхенбаха относится к возрастающей части энтропийной кривой

Рис. 5.

Вселенной (рис. 5). Если же мы рассмотрим ансамбль ответвившихся систем на участке спада энтропии Вселенной, то здесь, как показывает сам Рейхенбах, время приобретает направление, обратное первоначальному.

Но это ясно и без наличия сложных рассуждений об ансамблях ветвящихся систем. Просто можно постулировать, что на участках спада энтропии Вселенной время имеет обратное направление. Направление времени может быть различным как в разных областях Вселенной, так и на отдельных стадиях ее эволюции. Очевидно, рассуждения о направлении времени Вселенной не могут нестись в отрыве от конкретного материала современной астрофизики и космологии, без

связи с вопросом о выборе той или иной модели Вселенной.

Все же приходится признать, что вывод о связи направления времени с законом повышения энтропии, несмотря на всю его важность, не может рассматриваться как абсолютно бесспорное теоретическое обоснование однонаправленности. Чтобы теоретически обосновать однонаправленность времени, следует ее вывести из какого-то

фундаментального закона природы. Но большинство известных нам законов инвариантны, относительно замены направления времени. Повышение энтропии в замкнутых системах — это скорее не закон природы, а чрезвычайно общая эмпирическая закономерность, которая требует своего теоретического обоснования; поэтому оно скорее не теоретическое, а эмпирическое подтверждение однонаправленности времени.

Имеется и другое соображение, ставящее под сомнение

рассматриваемую точку зрения. Используя образное выражение Артура Эддингтона, связь между законом повышения энтропии и однонаправленностью времени называют “термодинамической стрелой времени”. Но у него есть и две другие стрелы — “космологическая” и “электромагнитная”.

“Электромагнитная” стрела времени связана с необратимостью процесса излучения электромагнитных волн колеблющимися электрическими зарядами. Как показывает опыт,

точечный источник излучает сферические электромагнитные волны, уходящие 94

в бесконечность, однако нет обратного процесса — распространения сферических волн из бесконечности и их поглощения точечным источником. Волны первого типа называются запаздывающими, а волны второго типа -опережающими. Из отсутствия в нашем мире опережающих волн и выводится однонаправленность времени.

Однако и здесь возникает существенная трудность. Как известно, сама по себе электромагнитная теория Максвелла не запрещает опережающих волн, последние “существуют” в теории на равных правах с запаздывающими. С теоретической точки зрения они полностью равноправны. Отсутствие в нашем мире опережающих волн — это просто опытный факт, который, конечно, не может служить теоретическим обоснованием однонаправленности. Скорее он просто дает ей еще одно косвенное

эмпирическое подтверждение.

Американскими физиками Уилером и Фейнманом' был построен такой вариант электродинамики, в котором опережающие волны не отбрасываются, а рассматриваются как вполне реальные. Просто в случае учета взаимодействия излучающего заряда со всеми другими зарядами во Вселенной возникает обычный запаздывающий эффект, имеющий место в опыте. На первый взгляд может показаться, что этот

результат наконец-то дает искомое обоснование однона-

1 /. Wheeler and R. Feynman. Classical electrodynamics in terms of direct interparticle action. "Review of Modern Physics", 1949, vol. 21, p. 245.

95 правленности времени. Однако, к сожалению, это не так. При изменении во всех вычислениях Уилера и Фейнмана знака времени на обратный возникают чисто опережающие эффекты. Отсюда следует, что

теория как таковая не запрещает наличие чисто опережающих эффектов и противоположного направления времени. Просто в нашем мире эти эффекты не наблюдаются.

Другая “стрела времени” — космологическая — чаще всего связывается с расширением Вселенной, о котором мы подробнее расскажем в следующей главе. Согласно этой точке зрения, именно расширение (например, увеличение объема) Вселенной задает знак направлению нашего времени.

Идея о связи направления времени с расширением Вселенной разрабатывалась Толмэном, Коста де Борегааром и другими физиками и космологами. Как полагает Коста де Борегаар, “космологическая стрела времени” лежит в основе термодинамической и электромагнитной, является по сравнению с ними более фундаментальной.

В настоящее время идея о связи однонаправленности нашего времени с космическими

процессами разрабатывается лишь на уровне отдельных гипотез. Но очевидно, что даже в случае ее верности требуется выяснить вопрос о происхождении самого расширения Вселенной, а также вопрос об источнике других особенностей космологической модели. Если процесс расширения Вселенной не имеет статуса закона природы и обусловлен лишь начальными и граничными услови-

ями случайного характера, с его помощью вряд ли можно будет получить теоретическое обоснование однонаправленности времени. Кроме того, потребует решения проблема сведения двух упомянутых выше “стрел времени” (термодинамической и электромагнитной) к космологической.

При рассмотрении данной точки зрения возникает вопрос: почему три рассмотренные “стрелы времени” оказываются соответствующими друг другу?

Гораздо более правдоподобно не то, что какая-то одна из них является более фундаментальной, чем остальные, а то, что каждая так или иначе фиксирует направление времени в окружающем нас мире. Как и в случае трехмерности пространства, сама множественность этих обоснований свидетельствует о необходимости обращения рассуждения. Видимо, не однонаправленность времени вытекает из явлений трех рассмотренных типов (необратимые термодинамические

и электромагнитные процессы, расширение Вселенной), а, наоборот, наблюдаемая на опыте асимметрия этих процессов обусловлена единым источником — однонаправленностью времени. Само же это свойство продолжает, как и прежде, оставаться загадочным и необоснованным. Высказывается даже мнение о том, что вообще время “первично и несводимо” и что “представление о времени не может быть выведено из некоторых первичных концепций, в которых оно неявно не используется”¹.

1 Дж. Уитроу. Естественная философия времени. М., 1964, стр. 368. 4 А. М. Мостепаненко QJ

Учитывая указанные трудности, Рейхен-бах попытался дать теоретическое обоснование порядка и направления времени на основе свойств элементарных частиц. Он исходил из того обстоятельства, что в нашем мире частицы преобладают над античастицами. Окружающие нас объекты состоят из нуклонов и электронов, а антинуклоны, позитроны и другие античастицы возникают лишь на ничтожно малое время и гибнут. Не лежит ли

эта асимметрия материи в основе асимметрии времени? Фейнман в свое время высказал идею о том, что позитроны можно математически описывать как электроны, движущиеся назад во времени. Отталкиваясь от этой мысли, Рейхенбах предположил, что если бы в нашем мире число частиц и античастиц было одинаковым, макровремя не имело бы единого порядка и направления. Но так как частицы превалируют над античастицами, временной порядок возникает в процессе статистического усреднения из безвременного

хаоса микропроцессов.

Насколько убедительно это предположение? Как показало дальнейшее развитие квантовой электродинамики, идея Фейпмана требует более четкой формулировки, которая пока отсутствует. Кроме того, вопрос о доминировании в нашем мире частиц над античастицами все еще не может считаться окончательно решенным, он должен и дальше изучаться с учетом новейших астрофизических данных.

Чем обусловлено временное становление?

Как видим, все попытки дать теоретическое обоснование природы и свойств нашего времени наталкиваются на серьезные трудности. В связи с этим возрождаются интерпретации проблемы времени, отрицающие реальность времени и рассматривающие его как иллюзию человеческого сознания.

Начало современным
дискуссиям о природе временного
становления, течения времени,
было положено работами
английского философа-идеалиста
Джона Мак-Таггарта¹. С его точки
зрения, у времени имеются два
аспекта, один из которых в
литературе иногда называют
“кинематическим”, другой —
“статическим”. С одной стороны,
время мыслится как непрерывное
течение, как становление. Любое
событие (например, смерть
Наполеона) сначала является
будущим, потом становится
настоящим, а затем — прошлым.

Для обозначения этого кинематического аспекта времени Мак-Таггарт вводит понятие “А-серии”, то есть такой последовательности положений, которая течет от прошлого, через настоящее к будущему.

С другой стороны, время может рассматриваться как статический, геометрический порядок событий типа “раньше — позже”. Например, смерть Наполеона произошла

1 /. McTaggart. The nature of existence, vol. 2. Cambridge, 1927.

А* 99 раньше смерти Бальзака; этот факт абсолютен, он никак не затрагивается течением времени. Данный аспект времени, по Мак-Таг-гарту, выражается с помощью “В-серии”, то есть такой последовательности положений, которая простирается от более раннего к более позднему или наоборот.

По мнению Мак-Таггарта, именно первый (кинематический)

аспект является для времени основным, отличающим его от пространства. Вместе с тем он содержит неустранимое логическое противоречие. В самом деле, любому событию М в А-серии, например смерти Наполеона, присущи три логически несовместимые друг с другом характеристики: “быть будущим”, “быть настоящим” и “быть прошлым”. Конечно, можно возразить, что здесь никакого противоречия нет, так как событие М обладает этими свойствами не одновременно, а последовательно. Сначала событие было будущим,

потом стало настоящим и лишь затем — прошлым.

Учитывая это возражение, Мак-Таггарт рассуждает следующим образом. Когда мы говорим, что событие М обладает характеристиками прошлого, настоящего и будущего попеременно, мы имеем в виду, что оно выступает настоящим в некоторый момент настоящего времени, прошлым — в некоторый момент будущего времени и будущим — в некоторый момент прошлого времени. Но каждый момент, подобно каждому

событию, сам является прошлым, настоящим и будущим, так что вновь возникает то же самое противоречие. Если мы будем настаивать на 200

том, что и эти моменты приобретают противоречивые характеристики не одновременно, а лишь последовательно, то мы, по мнению Мак-Таггарта, должны будем использовать новую серию моментов, для которых возникает та же самая проблема, и так без конца. Появляется бесконечный регресс в рассуждениях, устранение противоречия

оказывается практически
недостижимым.

Иными словами, чтобы логически описать течение времени, необходимо ввести как бы новое время, временную серию второго порядка, по отношению к которой может мыслиться это течение. Но для ее анализа требуется, в свою очередь, серия третьего порядка и так далее без конца '. Если сравнить течение времени с рекой, то можно сказать, что пет неподвижного “русла”, по отношению к которому отсчитывается это течение; все

поиски такого “русла” приводят к логическим противоречиям и парадоксам.

Исходя из приведенных аргументов Мак-Таггарт делает вывод, что время вообще не существует, что временное становление лишь иллюзия, за которой не стоит ничего реального.

Парадокс Мак-Таггарта вызвал двойственную реакцию среди философов. Одни авторы (Чарльз Броуд, Дж. Уитроу) пытались

разрешить парадокс путем
рассмотрения становления как
первичного и неанализи-

1 M Gale (ed.). The philosophy of
time. N. Y., 1967, p. 68.

101 руемого факта
действительности. Другие (А.
Грюнбаум, Дж. Смарт) полагали,
что хотя и нельзя согласиться с
утверждением о нереальности
времени, само временное
становление — это
психологический, субъективный
феномен, подобный, скажем,

чувственными качествами (желтое, зеленое, теплое и т. д.). По их мнению, этот феномен не должен приниматься во внимание при научном анализе проблемы времени.

Как утверждают сторонники первого подхода, В-серия Мак-Таггарта (статический аспект) фактически сводима к А-серии (кинематическому аспекту). Более того, временное становление имеет столь абсолютный и фундаментальный характер, что оно не может быть выражено через обычные научные понятия, в

частности через движение и изменение. Например, любое движение должно иметь скорость. Но в чем измерять скорость течения времени? — спрашивает Чарльз Броуд и отвечает: ее следовало бы измерять не иначе, как в “секундах за секунду”, что абсурдно'. Дж. Уитроу полагает, что временное становление необходимо считать просто наиболее фундаментальным свойством нашего мира, не поддающимся теоретическому анализу. Единственной альтернативой парадоксу Мак-Таггарта “остается рассмотрение

времени как окончательной сущности” 2.

1 C. Broad. Examinationas of McTaggart's philosophy, vol. II, part 1. Cambridge, 1938.

2 Дж. Уитроу, Естественная философия времени, стр. 373.

102

(J точки зрения' “торотнйков второго подхода, наоборот, А-серия сводима к В-серии, а временное

становление имеет' субъективную, психологическую природу. По> мнению А. Грюнбаума', временное становление не-есть атрибут физических событий “самих по себе” и возникает, подобно чувственным качествам, только в присутствии наблюдателя. Если бы оно было объективным, полагает Грюнбаум, его можно было бы познать и описать с помощью научных методов, что фактически не имеет места. В законах физики присутствуют порядок и направление времени, но в них никогда нет и речи о временном становлении. “Течение времени”,

по Грюнбауму,— это метафора, выражающая анизотропию (направление) времени.

Оба подхода к рассматриваемой проблеме являются ошибочными. Первый из них трудно согласовать с положением, что природа и свойства нашего времени обусловлены в конечном счете физическими явлениями. В естественнонаучном исследовании неправомерно постулирование первичных, абсолютно фундаментальных сущностей, которые не могут быть проанализированы в терминах

более общих понятий.
Интерпретация же временного
становления как чисто
психологического феномена
фактически влечет за собой вывод
об иллюзорности любого
движения и изменения.

Более обоснованно, с нашей
точки зрения, считать, что А-серия
и В-серия Мак-Таггарта

1 A. Grunbaum. The status of
temporal becoming. "The philosophy
of time", N. Y., 1967.

103 представляют два
взаимосвязанных аспекта
реального времени, ни один из
которых не исчерпывает его
полностью. Физическое время
обладает как статической, так и
кинематической характеристикой.
Первая выражается в свойстве
временного порядка, вторая — в
его направленности, в его
“устремленности в будущее”. По-
видимому, именно объективный
кинематический аспект
определяет специфику времени,
его качественное отличие от
пространства. Временное
становление — это не

психологическая иллюзия, возникающая при восприятии геометрических особенностей времени, а объективная причина последних. Вместе с тем нельзя согласиться с мнением, что понятие “течение времени” первично и неанализируемо.

Однако здесь встают все те же проблемы: каким образом дать феномену течения времени непротиворечивое концептуальное выражение? Как разрешить парадоксы становления? На наш взгляд, общий подход к решению поставленных проблем содержится

в рассмотренной в начале книги
онтологической модели
пространственно-временных
отношений. Исходя из нее, можно
принять, что макровре́мя и
временное становление
порождены каким-то особо
фундаментальным процессом (по-
видимому, микропроцессом),
выходящим за пределы
макропространства и
макровремени и протекающим на
фоне своих, специфических
пространственно-временных

отношений.

При таком подходе становится ясным, почему время и временное становление в окру-

104

жающем нас мире оказываются более фундаментальными сторонами действительности, чем макродвижение и макроизменение. Временное становление является для макромира “исходным”, невыразимым через какие-либо более глубокие макроскопические понятия и потому не поддающимся

непротиворечивому
концептуальному
формулированию. Именно
вследствие этого столь трудно дать
строгое научное определение
интуитивному представлению о
скорости течения времени. Однако
понятие временного становления
(и даже скорости течения времени)
может быть выражено через более
глубокие представления, если
обратиться к фундаментальному
микропроцессу с присущими ему
особыми пространственно-
временными отношениями.
Последние в таком случае будут
служить своеобразной системой

отсчета для измерения скорости течения нашего времени. “Первичность” и “несводимость” времени имеет место лишь в пределах макромира и макрофизики.

Скептическое утверждение Ч. Броуда, что скорость течения времени пришлось бы измерять не иначе, как в “секундах за секунду”, возможно, подрывает идею количественного выражения этой скорости значительно в меньшей степени, чем считают иные ученые. Нужно лишь принять во внимание, что стоящие здесь

“секунды” относятся к различным системам временных отношений. Примером, иллюстрирующим сказанное, может служить релятивистское замедление течения времени в движущихся системах: едп-

105 ницы времени в разных системах отсчета-! оказываются различными.

Поиски фундаментального физического” процесса, обуславливающего природу и свойства нашего времени,

оказываются отнюдь не столь бесперспективными, как полагают некоторые авторы 1. Конечно, как правильно подчеркивает Я. Ф. Аскин, свойства времени “как такового” вряд ли могут быть выведены из особенностей какого-либо физического процесса. Но свойства нашего макровремени, несомненно, обусловлены конкретными, хотя и особо фундаментальными (для макроуровня) явлениями. Без поиска последних трудно не только понять природу нашего времени, но и сделать дальнейший

шаг в познайиш времени “как такового”.

Анализ понятия времени Мак-Таггартом,, несмотря на его ошибочность, содержит определенное рациональное зерно. Мак-Таггарт считал временное становление нереальным, в частности потому, что оно предполагает бесконечный регресс в рассуждениях. Но из этого отнюдь не следует вывода о нереальности временного становления. Он был бы закономерен лишь в том случае, если бы регресс в бесконечность

обусловливался логической противоречивостью любых наших представлений о времени, а не особым характером мировой структуры. Однако в случае верности принятого выше положения о возможном многообразии в мире пространственно-вре-

1 См., например, Я. Ф. Аскцн. Проблема времени, стр, 73,

менийгх структур “бесконечный регресс” Мак-Таггарта вполне может быть согласован с последовательной и непротиворечивой научной картиной мира.

В дискуссии двух философов по поводу реальности пространственно-временного многообразия говорилось, что “существование” времени следует мыслить лишь в логическом, “невременном” аспекте этого термина. Теперь появляется

возможность уточнить это
утверждение.

Если существует некоторая пространственно-временная форма, более фундаментальная, чем макроскопическая, то течение нашего времени можно представить на ее фоне. Тем самым оказывается, что и к самому времени в принципе может быть применен временной аспект понятия существования, если допустить наличие в мире многообразия качественно различных временных отношений.

Таким образом, хотя реальные трудности, с которыми сталкивается научное познание в попытках дать строгое концептуальное выражение понятию “течения времени”, вполне объяснимы, они не являются в принципе неустранимыми. Не зная природы фундаментального физического процесса, обуславливающего течение нашего времени, трудно дать научную формулировку понятию временного становления. Дальнейшее проникновение в структуру материи и связанное с ним развитие пространственно-

временных представлений должно устранить эти трудности. Глава
втора

Пространство

и врем

в мегамире

Универсальны ли свойства
пространства и времени?

В рамках механической картины
мира все свойства времени и

пространства рассматривались как универсальные: пространство — как единая для всего мира эвклидова трехмерная протяженность, а время — как абсолютная универсальная длительность, которая всюду протекает равномерно. Современное естествознание опровергает подобные представления. Длительность процессов и протяженность объектов оказались зависящими от скорости системы отсчета. Так, элементарные частицы (мезоны), возникающие в верхних слоях атмосферы и живущие по

собственным часам
стоимиллионные доли секунды, по
земным часам живут в тысячи раз
большее время. Они успевают
пролететь всю толщу земной
атмосферы, тогда как в
“собственной” системе отсчета,
движущейся вместе с ними,
расстояние до Земли равно всего
нескольким метрам. В областях
пространства с сильным полем
тяготения скорость всех 108

процессов замедляется, а длины
тел сокращаются и т. д. Вместе с
тем вопрос о том, какие свойства
времени и пространства

изменяются, а какие сохраняются в различных физических условиях, до сих пор остается во многом загадочным. Этот вопрос является не только естественнонаучным, но и философским, так как его решение во многом зависит от логико-гносеологического анализа понятия “универсальное знание”. Мы уже не раз в ходе изложения сталкивались с трудностями, связанными с неясностью термина “универсальность”. Попробуем хотя бы отчасти “переложить” их на плечи воображаемых Физика и Философа, которые обсудят эту проблему.

Физик. Уже давно стало общим местом, что теория относительности Эйнштейна разрушила миф об универсальности метрической структуры пространства и времени. Согласно общей теории относительности, метрические свойства пространства-времени мегамира, в том числе его кривизна, могут быть многообразными, отражающими богатство физических условий во Вселенной. Однако при этом не следует думать, будто теория относительности отрицает наличие у времени и пространства

универсальных свойств. Пространство-время общей теории относительности — это четырехмерное псевдориemannово многообразие, и все изменения метрики происходят в рамках данного многообразия. Отсюда, в частности, следует, что непрерывность и четырехмерность пространства-времени, евклидова топология простран-

ства в малых масштабах, одномерность и качественная специфика времени продолжают оставаться универсальными характеристиками.

Философ. С философской точки зрения можно предположить, что даже эти перечисленные вами фундаментальные свойства пространства и времени не являются универсальными. В самом деле, исходя из положения о неисчерпаемости материи “вширь” следует допустить неисчерпаемое многообразие в мире не только явлений, типов взаимосвязей и закономерностей, но и пространственно-временных форм и отношений. Ведь последние имеют в конечном счете материальное происхождение и не

могут не реагировать на существенное изменение материальных условий. А если так, то нет оснований считать универсальными, в широком философском смысле этого слова, не только метрические, но и топологические свойства пространства-времени. В некоторых областях мира, далеких от нашего макроскопического опыта, могут реализоваться и дискретные, и многомерные пространства и еще множество других пространств гораздо более сложной природы.

Физик. Я думаю, что следует быть более осторожным в применении общих философских принципов к решению конкретных естественнонаучных вопросов. Принцип неисчерпаемости материи — это общеметодологическое положение, требующее уточнения и конкретизации. Из этого принципа, сформулированного в самом общем виде, не вы-110

текает однозначного вывода о неуниверсальности какого-либо конкретного свойства нашего

пространства, например
трехмерности. Из того, что мир
бесконечно многообразен, вы, не
допуская логических пробелов в
рассуждении, никогда не выведете
необходимости существования,
скажем, шестимерного
пространства или двумерного
времени при необычных
физических условиях.

Целью физической картины
мира как раз и является
сформулировать такие общие
положения о пространстве,
времени, причинности и т. д.,
которые претендуют на

универсальность и кладутся в
основание любых
фундаментальных физических
теорий.

Философ. Какой бы степенью
общности и фундаментальности
ни обладала та или иная
физическая теория, она опирается
лишь на ограниченную область
фактов, имеющихся в
распоряжении исследователей.
Аналогично те положения
естествознания, которые вы
называете универсальными, также
покоятся на ограниченном опыте.
Следовательно, не исключено, что

будущее развитие науки и практики опровергнет их истинность за пределами некоторой ограниченной области их применимости, то есть обнаружит их не-универсальность.

Ф и з и к. Конечно, следует считаться с тем, что время от времени в естествознании происходят революции, означающие ломку целого ряда основных научных понятий и представлений. Но в науке имеются такие глубокие положения и принципы, сомнения

в истинности которых обычно
высказывают

III лишь шарлатаны или люди
безграмотные. Например, если бы
физики не были уверены в
универсальной истинности
положений, подобных принципу
сохранения энергии и
подтвержденных бесчисленное
количество раз, научное
исследование затормозилось бы и
все здание науки в конце концов
рухнуло бы.

Философ. Вы правы с точки зрения современного естествознания, но правы ли “с точки зрения вечности?” Ведь научная теория покоится на некоторой конечной области фактов. Вместе с тем универсальная теория претендует на описание бесконечного множества опытных ситуаций во все времена и в любой области мира. Даже такой простой эмпирический закон, как утверждение: “все тела при нагревании расширяются”, должен охватывать не только те объекты, которые имеются в распоряжении

исследователя, но и любые другие макрообъекты. То же, но в еще большей степени относится к таким фундаментальным закономерностям, как законы механики или уравнения Максвелла. А раз так, никогда не может быть уверенности в универсальной истинности теории. Если “доказать” универсальную истинность теории невозможно, даже имея в распоряжении сколь угодно большое число подтверждающих ее опытных фактов, то для доказательства неупнверсальюсти теории может быть достаточно

всего одного факта, который ей противоречит!

Основываясь на всем ходе развития познания в XX в. и на известных ленинских положениях об абсолютности и относитель-

ности истины', можно выдвинуть следующий тезис: любая в принципе опровержимая на опыте (фальсифицируемая) теория не только может быть опровергнута, но рано или поздно фактически опровергается в ходе развития научного познания. Точнее говоря,

обнаруживается ограниченность области применимости, то есть неуниверсальность этой теории. Как пишет известный американский физик Дэвид Бом, если теория “высовывает голову”, ей рано или поздно ее отрубят².

Это же можно сказать и о пространственно-временных постулатах. Если можно указать воображаемую опытную ситуацию, при которой отсутствует некоторое свойство пространства-времени, то когда-нибудь неуниверсальность этого свойства будет открыта и в реальном эксперименте. Мы

вполне можем теоретически представить себе миры, в которых пространство многомерно, время имеет обратное (по отношению к нашему) направление и т. д. Мы также можем указать, чем отличались бы эксперименты в этих предполагаемых ситуациях от наших обычных экспериментов.

Конечно, изложенное решение проблемы носит слишком общий характер, так как оно верно лишь “с точки зрения вечности”. Не исключено, что неуниверсальность привыч-

1 См. В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 18, стр. 133—140.

2 См. Ц. Бом. Специальная теория относительности. М., 1967, стр. 153.

113 ных для нас свойств времени и пространства обнаружится лишь в отдаленном будущем, скажем через столетия или даже тысячелетия. Поэтому всегда требуется кроме философского конкретный методологический анализ проблемы универсальности того или иного свойства,

опирающийся на физическую картину мира и современные физические теории. По-моему, необходимо ввести представление о “методологически универсальных” принципах, которые входят в современную физическую картину мира и во все строящиеся на ее основе физические теории.

Из приведенной дискуссии Физика и Философа можно сделать следующий вывод. Как показывает развитие познания, любые конкретно-научные принципы и теории имеют

ограниченную область применимости и рано или поздно заменяются другими, более общими и адекватными. В связи с этим не может быть создана окончательная физическая теория или окончательная картина мира, ибо одна картина мира в истории физики сменяется другой, более полной, и так без конца. Положения современной науки, в частности касающиеся свойств времени и пространства, могут обладать лишь “методологической универсальностью”, то есть всеобщностью и обязательностью в пределах данного этапа развития

познания. Но сказанное отнюдь не противоречит принципу материального единства мира. Это единство проявляется как в общефилософских принципах и категориях, так и в том, что с развитием познания обнаруживаются все более общие

гц

и глубокие законы природы, что каждый новый этап науки приближает нас к пониманию единой структуры мироздания.

“Дополнительность” геометрии
и физгски

Перейдем к рассмотрению вопроса о том, какова геометрия мира в мегамасштабах — эвклидова или неэвклидова. Для этого нам придется продолжить дискуссию с точкой зрения Анри Пуанкаре, начатую в прошлой главе.

Представим себе, вслед за Пуанкаре ', что наш мир заключен внутри огромной сферы, причем при переходе от центра мира O к

периферии размеры всех тел уменьшаются по одному и тому же закону. В пределе, на поверхности сферы, размеры любых тел обращаются в нуль (рис. 6).

Предположим, что мы не знаем, какова геометрия пространства в таком мире, и хотим установить ее на опыте. К каким результатам мы придем?

Прежде всего надо подчеркнуть, что никаких особых аномалий в рассматриваемом мире не обнаружится. Ведь при переходе от

центра к периферии меняются
размеры всех тел, в том числе
нашего собственного и тех
измерительных эталонов,
которыми мы пользуемся.
Следовательно, в обыденном и
науч-

' См. А. Пуанкаре. Наука и
гипотеза. М., 1904, гл. III.

115 ном опыте это уменьшение
размеров будет совершенно
незаметным. В самом деле, чтобы
обнаружить уменьшение длины
метрового стержня при переносе

его из центра мира к периферии,
необходимо после переноса

Рис. 6.

стержня вновь сравнить его с
метровым эталоном. Но ведь
последний также уменьшился
ровно в такое же число раз.
Поэтому на опыте не обнаружится
ровно никакого изменения нашего
стержня при переносе. На этом
основании допустимо принять
постулат конгруэнтности
(равенства), состоящий в том, что
нет никакого абсолютного

изменения длины стержня при удалении его от центра мира.

Однако могут возразить: как же нет в таком мире аномалий, если имеется “край света”, то есть какая-то искусственная преграда, ограничивающая мировое пространст-116

во? Но дело в том, что, в соответствии с первоначальным предположением, шаги путешественников при приближении к “краю света” будут катастрофически уменьшаться, так

что граница никогда не будет достигнута. Следовательно, для обитателей такого мира он был бы фактически бесконечным.

Но сказанное вовсе не означает, что в воображаемом мире Пуанкаре вообще отсутствуют какие-либо особенности. Если мы измерим одним и тем же метровым стержнем длину окружности $/$, центр которой находится в центре мира, и радиус этой окружности $г$, а затем поделим $/$ на $г$, то получим число, не равное 2π , как того требует эвклидова геометрия.

Действительно, согласно нашим исходным предположениям, длина метрового стержня, с помощью которого измеряется радиус окружности, будет уменьшаться при удалении от центра. Длину окружности мы измеряем стержнем минимальной длины, а радиус — стержнем, длина которого меняется от максимальной до минимальной. Следовательно, по длине радиуса наш эталонный стержень уложится меньшее число раз, чем обычно. Таким образом, приходится признать, что геометрия пространства в таком мире

неэвклидова. В ней сумма углов треугольника не равна π , не выполняется пятый постулат Эвклида (“через точку вне прямой можно провести только одну прямую, параллельную данной”) и т. д. Очевидно, что такое пространство будет искривленным и будет иметь, в отличие от эвклидова, некоторую ненулевую кривизну.

117 Однако, согласно Пуанкаре, мы могли бы не отказываться и в данном случае от эвклидовой геометрии, если бы постулировали, в соответствии с

нашими исходными предположениями, что некая сила уменьшает все размеры от центра мира к периферии (хотя это уменьшение и незаметно), то есть отказались бы от постулата конгруэнтности. С такой точки зрения эвклидовость или не-эвклидовость пространства принимается чисто условно, как соглашение ученых, и речь может идти не об истинности той или иной геометрии, а об ее удобстве и простоте.

Согласно Пуанкаре, физика и геометрия находятся в отношении

своеобразной дополнительности. Мы можем избрать любую геометрию, дополнив ее соответствующим образом подправленной и скорректированной физикой. Так, в приведенном примере мы принимаем либо неэвклидову геометрию и несиловую физику, связанную с постулатом конгруэнтности, либо эвклидову геометрию и силовую физику, в которой некая сила сокращает все размеры от центра к периферии.

На самом же деле эти два способа описания

действительности не являются равноправными.

Чтобы пояснить наше утверждение, рассмотрим другой пример. Предположим, астрономы обнаружили, что луч света от удаленного небесного объекта, например звезды, проходя вблизи массивного тела, скажем Солнца, искривляется. Это приводит к тому, что земной наблюдатель видит звезду не-118

сколько смещенной по сравнению с ее положением в те

периоды, когда солнце не было расположено вблизи пути распространения света от звезды к земле. Как истолковать обнаруженный эффект?

Согласно Пуанкаре, имеется два равноправных толкования: (1) мировое пространство эвклидово — со стороны массивного объекта действует сила, искривляющая световой луч; (2) мировое пространство неэвклидово — нет никакой силы, искривляющей световой луч. Пространство искривлено массивным телом.

Первый вариант сохраняет неприкосновенной эвклидову геометрию. В отсутствии сил лучи света движутся по эвклидовым прямым линиям, а при наличии сил — искривляются. Это силовая физика в плоском эвклидовом пространстве.

Второй вариант отказывается от силовой физики. Луч света искривляется не потому, что на него влияет какая-то сила, а потому, что искривляется само пространство вблизи массивного тела. В таком пространстве эвклидова прямая линия просто не

реализуется. Свет движется по наименее кривой линии в неэвклидовом искривленном пространстве, выбирает наиболее прямой путь, возможный при данных условиях. Говорят (используя аналогию с “прямейшими” линиями на сферической поверхности земли), что свет движется по геодезическим линиям.

Первое толкование принимается ньютоновской теорией тяготения, а второе — общей теорией относительности, построенной

ив Эйнштейном в 1916 г. В первом варианте вводится универсальная сила, сила тяготения, действующая в эвклидовом пространстве, во втором Эйнштейн связывает явление гравитации с искривлением пространства-времени. В этом случае не только лучи света, но и любые физические объекты движутся по геодезическим линиям в неэвклидовом искривленном пространстве-времени.

Таким образом, повторяем, нельзя согласиться с мнением

Пуанкаре о полной равноправности этих двух способов описания. Попытки построить теории тяготения на основе плоского пространства-времени, хотя некоторые из них и могут быть согласованы с фактами, не идут ни в какое сравнение с концепцией Эйнштейна по таким методологическим критериям, как простота и естественность исходных содержательных принципов, плодотворность и предсказательная сила идей и т. д. Так называемые “линейные теории тяготения”, основывающиеся на плоском пространстве-времени

специальной теории относительности, не сделали каких-либо новых предсказаний, подтвержденных экспериментом. Фактически они задним числом описывают факты, уже известные науке.

Одно из важных преимуществ общей теории относительности состоит в том, что на ее основе удалось построить современную астрофизику и космологию, впервые в истории науки перевести космологию с почвы натурфилософских догадок на рельсы опытного естествознания.

Наконец, нельзя не отметить, что
равноправность способов
описания, 120

о которых говорит Пуанкаре,
относится лишь к сравнительно
близким пространствам с одними
и теми же топологическими
свойствами. Если мы попытаемся
использовать в теоретическом
описании мира пространство с
неадекватной топологией,
возникнут столь серьезные
несообразности и аномалии, что
мы будем вынуждены от него
отказаться.

Морено ли геометризовать материю?

Широко распространено мнение, что Эйнштейн геометризовал поле тяготения, свел его к геометрии искривленного пространства-времени. Хотя мнение о полной тождественности поля тяготения и кривизны пространства-времени является спорным, очевидна тесная взаимосвязь явления гравитации с геометрическими характеристиками пространства. В связи с этим обстоятельством возникают надежды

геометризовать не только поле тяготения, но и остальные физические поля и в конечном счете свести все многообразие физического мира к геометрии пространства.

Основателем такого подхода был известный английский математик Вильям Клиффорд. Еще задолго до появления общей теории относительности, в 1870 г., он утверждал, что материя и ее движение — это лишь проявление меняющейся во времени кривизны пространства; в мире нет ничего,

кроме сложной, искривленной геометрии. В самое

121

последнее время аналогичная точка зрения была развита в геометродинамике Дж. Уилера ', представляющей собой программу полной геометризации физических явлений.

Первым шагом к решению поставленной проблемы может послужить следующий вопрос 2:

нельзя ли любые наблюдаемые траектории материальных частиц, движущихся не только в гравитационном, но во всевозможных физических полях, рассматривать как геодезические линии некоторой сложной геометрии? В этом случае любое движение объяснялось бы чисто геометрически, без использования представления о силах. Движение частицы всегда происходило бы по инерции и полностью определялось характером геометрии. Как замечает известный историк науки Макс Джеммер³, в подобном подходе

обнаруживается некоторая аналогия с учением Аристотеля, согласно которому каждый элемент реальности движется к своему “естественному” месту в пространстве. Частица движется по той или иной траектории не потому, что к этому ее вынуждает какая-то сила, а потому, что это ее естественный путь. Осуществление такой программы есть, по сути дела, геометризация любых полей, в которых движется частица.

1 См. Дж. Уилер. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М., 1962.

2 См. К. П. Станюкович, С. М. Колесников, В. М. Московкин. Проблемы теории пространства, времени и материи. М., 1968, стр. 27.

3 M. Jammer. Concepts of Space. Cambridge, 1954, p. 17.

122

Следующим шагом может явиться попытка сведения всего существующего в мире, в частности самой движущейся

частицы, к единому геометризованному физическому полю. При таком подходе сами частицы будут рассматриваться как особые точки или области этого поля.

Однако реализация такой попытки сталкивается с существенными трудностями. Оказалось, что геометризацию легко осуществить лишь в тех случаях, когда геометризуемая реальность обладает свойством универсальности. (Заметим, что понятие “универсальность” в данном случае не обладает

предельно широким, философским значением: имеется в виду лишь универсальность в рамках современной физической картины мира.)

Универсальность геометризуемой реальности состоит прежде всего в том, что последняя воздействует на все физические объекты, локализованные в пространстве данного типа, одинаковым образом. Этому условию удовлетворяет гравитационное поле, но не удовлетворяет, скажем, электромагнитное. Так, в силу

равенства инерционной и тяготеющей массы тела любой массы движутся в поле тяготения по строго одинаковому закону. В частности, мы знаем, что у поверхности Земли все тела, вне зависимости от их массы, падают с одним и тем же ускорением. Траектории тел в пространстве-времени являются универсальными кривыми, но зависящими от качества и строения тел, благодаря чему с ними можно сопоставить гео-

123 девические линии римановой геометрии'. В связи с

такой универсальностью и оказалось возможным ввести единое для всех рассматриваемых тел пространство-время, в котором эти тела движутся.

Иная ситуация возникает в случае электромагнитного поля. Тела, обладающие разным электрическим зарядом, движутся в электромагнитном поле различным образом. Их мировые линии уже не являются универсальными кривыми. Поэтому становится труднее вводить единое пространство-

время для неодинаково
заряженных тел.

Еще один часто приводимый пример. Известно, что тела при нагревании расширяются и что величина этого расширения зависит от материала тела. Если бы коэффициенты теплового расширения всех тел были равны, можно было бы геометризовать тепловое поле точно так же, как геометризуется гравитационное поле. Это означало бы, что вблизи нагретого тела геометрия пространства изменяется аналогично тому, как она меняется

вблизи массивных тел в общей теории относительности. Однако в нашем мире коэффициенты теплового расширения различные у разных материалов. Поэтому мы получили бы, как пишет Рейхенбах, особую геометрию для меди, особую для железа и т. д., что, конечно, неудовлетворительно.

Несмотря на отмеченные трудности, было предпринято немало попыток построить еди-

1 См., например, Р. Дикке. Об экспериментальном базисе общей теории относительности. “Гравитация и относительность”. М., 1965, стр. 58.

124

ную геометризovanную теорию гравитационного и электромагнитного полей. Так, Вейль стремился решить эту задачу путем обобщения римановой геометрии. В отличие от римановой, в геометрии Вейля длина вектора меняется при его

параллельном переносе в пространстве и зависит от пути переноса. Это изменение и связывается с наличием электромагнитного поля. Однако, как оказалось впоследствии, теория Вейля сталкивается с целым рядом существенных трудностей и вступает в противоречие с фактами.

Другой способ объединения гравитации и электромагнетизма связан с построением единых пятимерных теорий поля (Т. Калуца, А. Эйнштейн и П. Бергман, Ю. Б. Румер и др.). Недостатком этих

теорий является то, что метрика пространства здесь зависит от отношения заряда к массе рассматриваемой частицы, то есть не обладает свойством универсальности. Они также не дали ничего существенно нового и не получили распространения.

Как мы знаем, Эйнштейн во второй период своего творчества поставил перед собой грандиозную задачу — построить единую теорию гравитации и электромагнетизма, в которой любые существующие в мире явления описывались бы чисто

геометрически. Однако, как признавал сам Эйнштейн, предложенные им уравнения далеко не совершенны, и неизвестно, существуют ли их свободные от особенностей решения. Поэтому пока трудно произвести сопоставление данной теории с опытом. Объединение гравито-

125 ции и электромагнетизма здесь носит формальный характер и не опирается на какие-либо новые физические факты, подобные, скажем, равенству инерционной и тяготеющей массы.

Кроме того, надежды на то, что в рамках этой теории удастся учесть дискретный характер вещества и излучения, квантовые закономерности, не подтвердились.

Стремлением реализовать программу Эйнштейна с учетом дальнейшего развития физики и космологии является геометродинамика Уилера. Уилер попытался обойти трудности геометризации электромагнитного поля, используя то обстоятельство, что поле оставляет на искривленном пространстве

следы, по которым обычно можно получить о нем полную информацию. Он придумал оригинальный способ конструирования дискретных частиц в рамках непрерывной римановой геометрии, построив геометродинамические модели массы и заряда и введя многосвязную топологию пространства. Частица в этом случае рассматривается как очень сильное локальное искривление пространства-времени, приводящее к возникновению “горловин”, “ручек” и других топологических особенностей.

Однако, как пишет сам автор, пока неясно, какое отношение имеют его геометрические модели массы и заряда к реальным частицам, описываемым квантовой физикой¹. Разрабатываемый в последнее время

1 См. Дж. Уилер. Предвидение Эйнштейна. М., 1970, стр. 95.

126

Уилером новый вариант теории — квантовая геометродинамика —

также еще далек от своего завершения.

Оценивая перспективы развития геометризованных теорий, следует иметь в виду, что с философской точки зрения вряд ли возможна полная геометризация материи. Пространство — это лишь один из атрибутов материи, и нельзя полностью свести к нему все ее остальные свойства (движение, причинность, взаимодействие и т. д.). Кроме того, материя несводима даже к совокупности своих атрибутов. Вместе с тем очевидно, что современные тенденции

геометризации физики оправданы, так как предполагают не только “растворение материи в геометрии”, но и наполнение геометрии реальным физическим содержанием, “растворение геометрии в материи”. Рациональное содержание идеи геометризации должно учитываться в дальнейшем развитии физической теории.

Свойства пространства и времени в мегамире

Через год после создания общей теории относительности, в 1917 г., Эйнштейн построил первую релятивистскую модель Вселенной.

Эйнштейн исходил из следующих положений.

1. Вещество и излучение распределены во Вселенной в среднем равномерно. Хотя мы

Рис. 7.

знаем, что большая часть вещества сконцентрирована в звездах, занимающих небольшую часть космического пространства, можно предположить, что в очень больших объемах пространства содержится одинаковое количество космической материи. Отсюда вытекает, что пространство Вселенной однородно и изотропно: все точки в нем и все его направления равноправны. Хотя вблизи массивных объектов геометрия пространства-времени меняется, это изменение — лишь

незначительное локальное отклонение от однородного и изотропного пространства Вселенной, обладающего всюду постоянной кривизной.

2. Вселенная стационарна, неизменна во времени. В связи с этим геометрия пространства не может претерпевать эволюцию.

На основе этих предположений Эйнштейн получил решение уравнений общей теории относительности, которое обычно называют “цилиндрический мир

Эйнштейна”. “Мир Эйнштейна” можно представить в виде бесконечно протяженного четырехмерного цилиндра (см. рис. 7). Вдоль образующей цилиндра простирается ось времени, а сечение цилиндра плоскостью, перпендикулярной образующей, дает пространство.

На нашем рисунке для простоты изображены лишь два измерения из четырех — x и t

и t . Поэтому пространство Вселенной представлено обычной

окружностью. На самом же деле пространство в данной модели — это трехмерное сферическое (риманово) пространство с постоянной положительной кривизной.

Мы видим, что здесь время бесконечно, временная ось неограниченно простирается как в прошлое, так и в будущее. Вселенная никогда не возникала и никогда не исчезнет. Но пространство Вселенной — конечно, оно имеет конечный объем: $V=2\pi r^3$, где r — “радиус мира”. Это не следует понимать

так, что имеется какой-то “край света”, за которым ничего не существует. Просто пространство, выражаясь фигурально, “замыкается само на себя”, благодаря чему мы можем в нем бесконечно кружить, никогда не натываясь на преграду. В свое время было не так просто осознать, что Земля — шар, для этого пришлось предпринять не одно кругосветное путешествие. Аналогично современному человеку трудно представить себе такое положение дел, при котором как бы мы ни стремились удалиться на космическом корабле

от исходного пункта, с которого мы стартовали, мы рано или поздно вновь в него вернемся. Но если пространство Вселенной действительно сферическое, такая ситуация становится вполне реальной.

Однако “цилиндрический мир Эйнштейна” сейчас уже имеет в основном историческое значение — как первый подход к космологической проблеме на основе общей теории относительности. Современное решение кос-

мологической проблемы было дано в начале двадцатых годов советским математиком Александром Фридманом, а затем развито бельгийским космологом Ж. Леметром.

Фридман отказался от предположения о стационарности мира, но сохранил постулат его однородности и изотропности. При этом он получил следующие три решения. Если плотность вещества и излучения во Вселенной равна некоторой критической величине: $\rho = \rho_k$, то

пространство является
эвклидовым, то есть обладает
нулевой кривизной. Объем
пространства при этом
бесконечен. Если плотность
материи меньше критической:
 $\rho < \rho_k$, то пространство Вселенной
есть пространство Лобачевского,
то есть обладает отрицательной
постоянной кривизной и
бесконечным объемом. Если же
плотность материи больше
критической, $\rho > \rho_k$, пространство
ри-маново, сферическое,
постоянной положительной
кривизны с конечным объемом.
Таким образом, вопрос о

конечности или бесконечности пространства Вселенной зависит от средней плотности вещества и излучения и должен решаться не философией, а самим естествознанием с помощью астрофизических и астрономических экспериментов.

Но наиболее революционные выводы Фридмана связаны с эволюцией Вселенной во времени. Оказалось, что все эти модели Вселенной изменяются, претерпевают эволюцию и “возникли” примерно 17 миллиардов лет назад. В этот

“нулевой” момент времени Вселенная была сконцентрирована в ничтожно малом объеме. Затем произошел взрыв,

130

положивший начало расширению Вселенной, в процессе которого плотность материи постепенно уменьшалась, кривизна пространства разглаживалась. На современном этапе расширения кривизна пространства достаточно мала и

заметна лишь в очень больших масштабах.

Каковы перспективы дальнейшей эволюции Вселенной? Будет ли расширение происходить неограниченно или в конце концов сменится сжатием? Ответ на этот вопрос различен в зависимости от типа фридмановской модели. Если взять вариант с пространством Эвклида или Лобачевского, то расширение происходит до бесконечности. При варианте с римановым, сферическим пространством, расширение на некотором этапе сменяется

сжатием, то есть Вселенная имеет не только “начало”, но и “конец”.

Что же в вышеизложенных представлениях можно считать хорошо подтвержденным, а что еще нуждается в дальнейших исследованиях?

Сейчас уже нет сомнения в верности теории расширяющейся Вселенной. Красное смещение спектров излучения далеких галактик имеет единственное убедительное истолкование: в соответствии с эффектом

Допплера, эти галактики удаляются от нас с большой скоростью, которая возрастает при увеличении расстояния до рассматриваемой галактики.

Вряд ли можно также сомневаться в реальности начального момента времени, в который произошло “порождение” Вселенной. 5* 131

Акт “порождения” с точки зрения математики связан с наличием в решениях уравнений тяготения особых точек, или

сингулярностей, в которых такие величины, как плотность вещества и скалярная кривизна пространства, обращаются в бесконечность. До последнего времени Е. М. Лифшицем, И. М. Халатником и некоторыми другими физиками высказывались предположения, что можно избавиться от сингулярностей, если принять пульсирующую модель Вселенной, колеблющуюся между двумя предельными состояниями. Вселенная в такой модели не доходит до сингулярности, не сжимается до сверхплотного точечного

состояния (сжатие в этом предельном состоянии сменяется расширением). Однако, как показали недавние исследования ряда ученых — Хоукинга, Пенроуза и др., избавиться от сингулярностей в развивающихся релятивистских моделях невозможно.

Верность фридмановской космологии подтверждается и открытием так называемого “реликтового излучения”, возникшего на одной из начальных стадий эволюции Вселенной (в

пределах одного миллиарда лет после “порождения”).

Вместе с тем пока неясно, какая из трех фридмановских моделей соответствует действительности. Достаточно точные данные о плотности вещества и излучения во Вселенной, которые дали бы возможность разрешить эту проблему, отсутствуют. Много неясного связано также и с начальными этапами эволюции Вселенной, в особенности не-

посредственно следующими за
сингулярным состоянием.

В связи с этим до сих пор не
утихают споры космологов и
философов о дальнейшем развитии
наших представлений о
Вселенной. Одни философы,
исходя из неверно истолкованного
общефилософского принципа, что
мир “бесконечен в пространстве и
вечен во времени”, долгое время
ставили под сомнение результаты
релятивистской космологии или
отрицали конечные
космологические модели. Другие,

напротив, исходили из тезиса, что наша Вселенная — это конкретная физическая система, и, привлекая принцип относительности конкретного, делали слишком поспешный вывод об истинности лишь конечных пространственно-временных моделей. Но, оставаясь на почве фактов, очевидно, нельзя полностью согласиться ни с той, ни с другой точкой зрения¹. Настаивать, исходя из одних только философских аргументов, на истинности или предпочтительности бесконечной или конечной космологической модели фактически означало бы,

что философу уже до всякого опыта, априори, известно численное значение средней плотности вещества и излучения во Вселенной, то есть известна физическая величина, имеющая конкретное количественное выражение. Такая постановка вопроса напоминает выведение Гегелем из чисто философских положений числа планет солнечной системы или вычис-

1 См. Л. В. Баженов, Н. Н. Нуцубидзе. К дискуссиям о проблеме бесконечности

Вселенной. “Бесконечность и Вселенная”. М., 1969.

133 ление Эддингтоном, без обращения к опыту, математически точного значения всех основных физических констант. (Гегель в свое время доказывал, что в солнечной системе не может быть больше семи планет. Когда ему сказали, что это не соответствует фактам, так как открыта восьмая планета — Уран, он якобы ответил: “тем печальнее для фактов”. Эддингтон получил чисто математическим путем величину постоянной тонкой структуры. В

то время экспериментальное значение этой постоянной было близко к 136, и Эддингтон вычислил именно эту цифру. Когда уточненный эксперимент дал величину 137, Эддингтон получил и это значение.) Очевидно, признание конечности или бесконечности Вселенной не вытекает прямо и непосредственно из эксперимента, дело обстоит гораздо сложнее. Но и без обращения к эксперименту данная проблема в современных условиях решаться не может. При этом приобретает особую актуальность вопрос о том, как понимать

общефилософское положение о
бесконечности мира в
пространстве и во времени с
учетом данных релятивистской
космологии. Этот вопрос мы
рассмотрим подробнее в
дальнейшем.

Гипотезы о парадоксальных свойствах

В процессе бурного развития
современной космологии
выдвигается множество гипотез о
реализации в мегамире

парадоксальных свойств времени и пространства. Многие из этих гипотез пока носят умозрительный характер. Но все согласны с тем, что реальное положение дел, видимо, превосходит самые смелые современные фантазии.

Открытие в начале шестидесятых годов квазаров, огромных скоплений космической материи, излучающих во вне гигантскую энергию, стимулировало развитие теории гравитационного коллапса. Согласно этой теории, если масса тела превышает определенное

критическое значение, тело
начинает катастрофически
сжиматься под действием
гравитационного притяжения и
сплющивается до точечного
сингулярного состояния с
бесконечной плотностью.
Астрофизики говорят, что тело
претерпевает коллапс. Не
исключено, что источником
гигантской энергии квазаров
являются физические процессы,
сопутствующие гравитационному
коллапсу '.

В процессе коллапса кривизна
пространства-времени становится

все большей и большей, пока не обращается в бесконечность

1 См. Дж. Бербидж, М. Бербидж. Квазары М., 1969, стр. 193.

135 в сверхплотном сингулярном состоянии. При этом коллапс происходит за конечное время по часам внутреннего наблюдателя, связанного со сжимающимся телом, и за бесконечное время — по часам внешнего наблюдателя. Точнее, внешний наблюдатель увидит, что коллапсирующая система в процессе сжатия

неограниченно приближается к так называемой сфере Шварцшильда, никогда ее не достигая. Понятия конечного и бесконечного становятся при этом относительными, зависящими от системы отсчета.

Сферой Шварцшильда, играющей важную роль в теории гравитационного коллапса, на-

п 2 m-i

зывается сфера с радиусом $k = \frac{2m}{c^2}$, построенная вокруг тяготеющей

массы (m — величина массы, γ — гравитационная постоянная, c — скорость света). Величина R носит название гравитационного радиуса.

Если вся масса тела сконцентрирована в его центре, то радиус кривизны пространства-времени на расстоянии R от центра оказывается равным R . При меньших расстояниях от центра кривизна пространства-времени неограниченно возрастает.

В обычных случаях сфера Шварцшильда лежит глубоко внутри рассматриваемого тела. Например, радиус сферы Шварцшильда для Солнца равен всего 3 км. Однако для сверхплотных тел сфера Шварцшильда может выйти далеко за пределы поверхности тела.

1 См. П. Бергман. Загадка гравитации. М., 1969, стр. 171.

Чрезвычайно интересно то, что, когда, сжимаясь в процессе гравитационного коллапса, тело проходит свою сферу Шварцшильда, одна из пространственных координат в метрике пространства-времени переходит во временную, а временная — в пространственную. Поясним это утверждение. В выражении для пространственно-временного интервала специальной теории относительности $ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$ временная координата входит со знаком плюс, а пространственные — со знаком

минус. Аналогично в общей теории относительности перед квадратом временной координаты dt^2 стоит положительный коэффициент, а перед квадратами пространственных координат - отрицательные коэффициенты. Но при прохождении сферы Шварцшильда положение меняется: коэффициент перед dt^2 становится отрицательным, а перед dx^2 - положительным. Приходится “переименовывать” координаты t и x : первая становится пространственной, а вторая — временной. Это обстоятельство иногда

истолковывается как “переход времени в пространство” и наоборот.

Высказывается мнение, что причина данного парадокса — отсутствие в теории относительности достаточно точного определения времени, учитывающего его топологические свойства, например линейную упорядоченность '. Действительно, в математическом аппарате теории относительности время от

1 См. Э. М. Чудинов.
Геометрическое моделирование
времени в теории
относительности. “Вопросы
философии”, 1968, № 9, стр. 60.

т пространства отличается
прежде всего знаком, с которым
оно входит в пространственно-
временное многообразие. Но
очевидно, что этим не
исчерпывается качественная
специфика времени. Нельзя ли
предположить, что именно неучет
этого последнего обстоятельства и
приводит к парадоксам, подобным

“переходу времени в пространство”?

Однако такое предположение представляется нам не вполне ясным. Тот факт, что временная координата имеет иной знак, чем пространственные, вовсе не исключает, а, напротив, предполагает учет других топологических свойств времени — одномерности и линейной упорядоченности. Линейная упорядоченность нашего времени связана как раз с тем, что время одномерно, выражается одной координатой и входит в метрику

особым образом по сравнению с тремя пространственными координатами. Так, в воображаемом пространстве-времени $ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$ с двумя пространственными и двумя временными координатами было бы невозможно ввести естественным образом линейный временной порядок.

Более обоснованным нам представляется утверждение Г. И. Наана, что “здесь мы встречаемся с убедительным свидетельством неабсолютного, неинвариантного

характера пространства и времени,
рассматриваемых вне их
неразрывного единства —
пространства-времени” ‘.

1 Г. И. Наап. Проблемы и
тенденции релятивистской
космологии. “Эйнштейновский
сборник”. М., 1966, стр. 361.

138

Возникает вопрос: что
происходит на конечных стадиях
гравитационного коллапса, когда
кривизна пространства-времени

катастрофически возрастает?
Оправдано ли утверждение, что
она достигает бесконечности?

Можно предположить, что это не
так и что изменение
количественных, метрических
свойств пространства-времени,
превышающее определенную меру,
приведет к качественному скачку
— изменению топологических
свойств. По мнению Уилера, при
достаточно большой плотности
вещества возникают флуктуации
метрики, которые в конце концов
порождают особую многосвязную
топологию пространства-времени'.

Более того, можно провести аналогию между гравитационным коллапсом и расширением Вселенной в эпоху, близкую к сингулярности. Возможно, в начале расширения имела место отличная от нашей топология пространства-времени и само “возникновение” Вселенной — это грандиозный качественный скачок, связанный с изменением топологической структуры мира.

Другие, не менее парадоксальные варианты пространства-времени связаны с

тем, что общая теория относительности не запрещает реализации циклического времени и замкнутых мировых линий в мегамасштабах. На ее основе построены космологические модели с замкнутыми мировыми линиями.

1 См. Дж. Уилер. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М., 1962, стр. 145.

139 Так, модель де Ситтера представляет собой однородную и изотропную космологическую

модель с замкнутой временной координатой '. Если первоначальная модель Эйнштейна изображается в виде четырехмерного цилиндра, то модель де Ситтера имеет вид четырехмерной сферы,— в ней замыкаются не только пространственные координаты, но и временная. Космонавт, обогнув такую Вселенную, мог бы возвратиться не только в исходную точку пространства, но и в исходный момент времени.

Модель Гёделя анизотропна и не имеет в связи с этим единого

космического времени. Но ее чрезвычайно интересной особенностью является то, что она допускает замкнутые мировые линии. Если P и Q — любые два события на мировой линии наблюдателя и на этой линии P предшествует Q , то всегда возможна другая мировая линия, проходящая через P и Q , на которой, наоборот, Q предшествует P . Иными словами, космонавт мог бы, стартовав с Земли в 1980 г. и прибыв на некоторую удаленную планету, затем вновь вернуться на Землю в момент времени, предшествующий своему старту,

например в 1974 г. Правда, расчеты показывают, что радиус минимальных временных циклов в модели Гёделя чудовищно велик — порядка ве-

1 См., например, Дж. Синг. Общая теория относительности. М., 1963, стр. 225.

2 K. Godel. An example of a new type of cosmological solutions of Einstein's field equations of gravitations. "Review of Modern Physics", 1949 vol 21 No. 3, p. 447.

личины “радиуса мира” в эйнштейновской статической Вселенной. Следовательно, для путешествия “в прошлое” космонавту пришлось бы, выражаясь фигурально, совершить путешествие вокруг Вселенной!

В связи с парадоксальностью такого “путешествия” модель Гёделя часто критиковалась с физической и философской точек зрения. Как показал индийский физик Чандрасекар ¹, циклы во

времени в модели Гёделя невозможно образовать с помощью геодезических линий. На этом основании Чандрасекар критиковал идею “путешествия в прошлое”. Однако, как правильно заметил Дж. Эрман², по Гёделю, мировые линии, по которым возможно “движение в прошлое”, не являются геодезическими, так что возражение Чандра-секара не является решающим.

Высказывалось мнение, что возможность путешествия “в прошлое” в ряде релятивистских космологических моделей

свидетельствует просто о неучете в общей теории относительности качественной специфики времени, о неправомерной геометризации времени 3. В этом случае путешествие “в прошлое” — просто бессмысленное понятие, возникающее в результате недостаточно строгой терминологии.

1 S. Chandrasekar. Geodesies in G5del's universe. “The nature of time”, N. Y., 1967.

2 J. Earman. On going backward in time. "Philosophy of science", 1967, No. 3, p. 221—222.

3 см. 9. М. Чудинов. Геометрическое моделирование времени в теории относительности. "Вопросы философии", 1968, № 9, стр. 57.

141 Основанием для такого вывода служит то, что понятие "циклическое время" внутренне противоречиво. При построении теории относительности время понималось с учетом его

специфики как обычная временная ось, обладающая свойством линейной упорядоченности. Затем, при построении ряда космологических моделей, неоправданное оперирование временными линиями, как обычными геометрическими объектами, привело к нарушению некоторых аксиом линейного порядка времени. В связи с этим и возникло логическое противоречие, которое привело к парадоксам. Однако, по нашему мнению, вряд ли можно согласиться с тем, что введение понятия циклического времени в

общую теорию относительности
влечет за собой логические
противоречия. Ведь при
построении общей теории
относительности важно
постулировать лишь локальный
причинный и временной порядки
и можно ничего не говорить об их
реализации в мегамасштабах. Это
связано с тем, что в
макромасштабах должна быть
верна специальная теория
относительности,
основывающаяся, как мы видели,
на понятии линейного временного
порядка. Но раз линейность
временного порядка в

мегамасштабах с самого начала не постулируется, нет ничего противоречивого в том, что при некоторых физических условиях этот порядок нарушается. Более того, возможность нарушения в мегамире обычной топологии времени полностью соответствует релятивистской картине мира. Действительно, важной особенностью общей теории относительности является как 142

раз то, что при переходе к большим масштабам пространства-времени и к сильным гравитационным полям

допускается нарушение пространственно-временных характеристик, которые локально и в отсутствии гравитации вполне применимы. Было бы непоследовательно допускать изменение в больших масштабах метрических свойств (например, их отклонение от эвклидовости), но запрещать изменение топологических. Еще более непоследовательно допускать возникновение при особых физических условиях специфической топологии пространства, но оставлять неприкосновенной традиционную

топологию макровремени. Ведь, согласно релятивистской картине мира, пространство и время сливаются в единый четырехмерный континуум, который изменяется как единое целое. Но если меняется топология пространственно-временного континуума в целом, то и топология времени также может измениться.

В силу этих оснований можно считать, что понятие циклического времени не противоречит общей теории относительности и является вполне осмысленным.

Другой вопрос — может ли циклическое время реализоваться в действительности? Модели де Ситтера и Гёделя имеют мало шансов на адекватное отображение нашей Вселенной. Можно лишь утверждать, что путешествие “в прошлое”, вообще говоря, не запрещается общей теорией относительности.

Еще более парадоксальная возможность относится к изменению в некоторых областях Вселенной размерности пространства и вре-

143 мени. Так, Эддингтон не исключает существования таких областей мира, в которых время становится двумерным. В этом случае момент, в который происходит событие, задается не одним параметром, как обычно, а двумя: / и T . Любой процесс может протекать во времени / при неизменном T win наоборот. Пространство здесь также имело бы два измерения, то есть четырехмерный пространственно-временной континуум объединял бы двумерное пространство и двумерное время. Однако данная возможность является чисто

умозрительной. Эддингтон учитывает ее лишь потому, что такие области мира, если бы они существовали, не были бы в принципе ненаблюдаемыми. Пока неясно, как наглядно представить себе двумерное время и какие физические условия во Вселенной приводят к его реализации.

Еще более неясно, может ли меняться размерность четырехмерного пространства-времени; возможно ли, скажем, пятимерное пространство-время. Как уже говорилось, такая возможность принимается в

пятимерных теориях поля и некоторых других теориях. Например, по гипотезе Эддингтона, при очень большой концентрации электрических зарядов одного знака “включается” второе измерение времени, то есть пространство-время становится пятимерным¹.

1 Подробнее о гипотезах многомерного пространства и времени см.: А. М. Мостепаненко, М. В. Мостепаненко. Четырехмерность пространства и времени. М.—Л., 1966, гл. IV. 144

Существует ли множество
пространств и времен?

Мысль о возможном
качественном многообразии
пространственно-временных
отношений в мегамире позволяет
усомниться в традиционном
философском положении о
единственности и
универсальности нашего
пространства и времени.

Господствующая в настоящее
время уверенность в
единственности нашего

пространства и времени имеет давние философские традиции. Она была подкреплена механической картиной мира и в особенности авторитетом Канта. Кант утверждал, что “представить себе можно только одно-единственное пространство, и если говорят о многих пространствах, то под ними разумеют лишь части одного и того же единственного пространства. К тому же,— добавлял Кант,— эти части не могут предшествовать единому, всеохватывающему пространству словно его составные части (из которых можно было бы

его сложить) : их можно мыслить только находящимися в нем. Пространство в существе своем едино”¹.

По-видимому, одним из первых выступил против положения об единственности времени и пространства английский философ Френсис Брэдли². Он утверждал, что это по-

¹ И. Кант. Соч. в шести томах, т. 3. М., 1964, стр. 131.

2 F. Bradly. Appearance and reality.
L., 1883, ch. 18.

US ложение не только нельзя считать необходимой истиной, оно даже не является фактом. Однако, оставаясь в плену кантовского смешения реального и перцептуального пространства и времени, Брэдли приводил в подтверждение своего взгляда данные, относящиеся не к физике, а к психологии. В частности, он указывал, что события романов или сновидений, несомненно, сменяются во времени, но это не

есть историческое или общественное время. Например, было бы абсурдно датировать события, происходящие в романе, моментом выхода его в свет.

В середине XX в. английский философ Антони Куинтон вновь поднял проблему множественности пространств и времен¹. Он считал, что можно вообразить себе множество пространств, но не времен. С его точки зрения, единственность пространства — просто опытный факт и допустимы такие ситуации, в которых этот факт отсутствует.

Напротив, единственность времени — необходимая истина, так как множественность времен вступила бы в противоречие с тождеством личности субъекта, привела бы к “раздвоению личности”.

Выступление Куиитона положило начало оживленной дискуссии среди английских философов. Участники этой дискуссии, как правило, спорили не о том, существует ли на самом деле множество пространств и времен, а лишь о том, мыслима ли такая возможность,

1 A. Quintan. Spaces and times.
“Philosophy”, 1962, vol. 37, No. 140,
p. 130.

146

не приведет ли она к каким-либо логическим противоречиям или неувязкам в чувственном познании мира. Поэтому данная дискуссия строилась в форме притч о некоторых воображаемых, фантастических ситуациях, в которых участвует субъект. Так, Р. Свпнберн, возражая Куинтону,

утверждал', что допустима не только множественность пространств, но и множественность времен в одном и том же месте пространства, то есть каждый изолированный от других класс явлений может иметь свою временную координату. Для иллюстрации Свинберн приводит пример двух враждующих племен, помещенных в различные временные серии и вследствие этого не сталкивающихся друг с другом. По мнению К. Уорда², неверно предположение как о множественности пространств, так и о множественности времен.

Он отмечает, что приводимый Свинберном рассказ отнюдь не иллюстрирует возможности двух различных временных серий. Это просто пример двух миров, одновременных во времени, но пространственно не соотносимых. Кант был прав в том, считает Уорд, что мы можем мыслить только одно время. Что же касается единственности пространства, то она, по Уорду, может быть выведена из единственности времени, так как любое изменение во времени предполагает тождественность пространства, в

котором это изменение происходит.

1 R. G. Swinburne. Times. "Analyse", 1965, vol. 25, No. 6, p. 185.

2 K. Ward. The unity of space and time. "Philosophy", 1967, vol. 42, No. 159, p. 68.

W Иного мнения по рассматриваемым вопросам придерживается Мартин Холлис'. Отстаивая положение о множественности пространств и

времен, он приводит следующую фантастическую ситуацию.

Представим себе тропический остров, на котором живет племя туземцев, обладающее волшебным снадобьем: принявший его мгновенно исчезает, а через некоторое время вновь появляется в том же месте и рассказывает о своем пребывании на некоем арктическом острове. Естественное предположение, что это галлюцинация, опровергается временным исчезновением рассказчика. Представим себе также, что упомянутый

арктический остров не удастся отождествить ни с одной частью земной поверхности и вообще нашего физического пространства. В этом случае пришлось бы согласиться с утверждением, что этот остров находится в другом пространстве. По возникает вопрос: находится ли он в другом времени? Куинтон обосновывал тезис единственности времени ссылкой на необходимость тождества личности, тождества, связанного с единством чувственного опыта индивидуума. Если тождество личности индивидуума имеет место и в

данном случае, то его пребывание в двух рассматриваемых мирах, казалось бы, исключает наличие в них двух различных временных серий. Однако Холлис пытается избежать этой трудности, придумав следующую ситуацию, в которой

1 M. Hollis. Times and spaces. "Mind", 1967, vol 76, No. 304, p. 524.

комбинируется чувственный
опыт двух различных
индивидуумов.

Предположим, что один из членов племени “путешествует” на упомянутый арктический остров рано утром по тропическому времени, затем возвращается и завтракает вместе с другим членом племени. После этого последний сам отправляется в “путешествие” и возвращается к обеду. Причем оказывается, что на арктическом острове оба наблюдали одно и то же событие (одну и ту же фазу

извержения вулкана) в один и тот же момент времени и оба описывают это событие вплоть до мельчайших подробностей. Тогда пришлось бы считать, что одно и то же событие на арктическом острове произошло одновременно и до и после определенного события в тропиках, а это заставляет нас принять положение о двух различных временных порядках.

Холлис замечает, что в кантонской философии пространство есть априорная форма созерцания только внешних

явлений, поэтому не столь уж трудно представить себе два пространства. Требование тождества личности неизбежно влечет за собой временную единственность внутренних явлений, внутреннего опыта индивидуума. Но ведь время, по Канту, форма созерцания не только внутренних, но и внешних явлений, а для последних временное единство вовсе не обязательно. Если возможно “путешествие” между двумя пространствами, то на тех же самых основаниях возможно и “путешествие” между двумя

временами. Предположение Свинберна о двух различных временных порядках

149 в одном и том же месте пространства, по мнению Холлиса, неосновательно: переход от одного времени к другому невозможен без одновременного перехода от одного пространства к другому.

Как оценить рассмотренную дискуссию? Насколько оправдан подобный способ аргументации? Можно согласиться с мнением Холлиса и ряда других авторов, что

предположение о множественности пространств и времен логически вполне допустимо. Однако современный научный анализ этого предположения требует обращения к конкретным данным физики и космологии. Кантовская теория, от которой так или иначе отталкиваются Куинтон и другие участники дискуссии, касается не физического, а перцептуального времени и пространства воспринимающего субъекта. Анализ чувственного опыта индивидуума, конечно, тоже представляет большой интерес, но

он относится скорее к области психологии, чем физики.

Предположение Куинтона, что может существовать много пространств, но только одно время, не согласуется с теорией относительности, согласно которой пространство и время существуют не отдельно друг от друга, а в едином континууме. Более того, если исходить из теории относительности, нельзя исключить возможность открытия будущими космологами других пространственно-временных

миров, не совпадающих с нашим собственным.

В основе большинства рассмотренных выше точек зрения и им подобных лежит общая 150

предпосылка, что введение множества пространств и времен не должно противоречить единству и согласованности опыта индивидуума. Положительным моментом такой постановки вопроса является то, что она автоматически предполагает принципиальную познаваемость

различных пространственно-временных структур. Однако эта познаваемость понимается в чрезмерно узком смысле и, по сути дела, сводится к согласованию субъектом психологических ситуаций, относящихся к различным пространствам и временам. Но ведь субъект может существовать лишь в некотором частном классе макроскопических условий, и воображать его существование, а вместе с этим его восприятие за пределами этих условий не имеет смысла. Поэтому упомянутая предпосылка теряет ценность, так как она фактически

ограничивается именно той областью явлений, в которой, как свидетельствует физика, имеют место обычные пространственно-временные отношения. Очевидно, принцип познаваемости мира должен употребляться в гораздо более широком смысле. Для познания объекта вовсе не обязательно перенесение субъекта в те условия, в которых данный объект существует, достаточно получение от него косвенной и опосредованной приборами информации, в конечном счете воздействующей на наши органы чувств.

Человеческие существа с их макроскопическим опытом отражают лишь узкий класс пространственно-временных отношений, фиксируемый классической механикой. Поэтому

151 научный анализ предположения о множественности пространств и времен, начало которому было положено еще Лобачевским и Риманом, требует не столько психологического рассмотрения, сколько обращения к данным

современной физики и космологии.

В настоящее время имеется большое количество различных релятивистских космологических моделей. Возможно, что некоторые из них при определенных специфических физических условиях реализуются во Вселенной. В таком случае наша космологическая система будет лишь одной из множества систем, входящих во Вселенную.

То, что из закона тяготения Эйнштейна вытекает не одна, а множество возможных космологических моделей, иногда трактуют как несовершенство данной теории, как отсутствие однозначности в решении космологической проблемы. Однако фундаментальность закона тяготения Эйнштейна позволяет предположить, что в мире реализуется не какое-то одно решение уравнений общей теории относительности, а вся совокупность космологических моделей, следующих из этих уравнений'. Одним из способов,

позволяющих представить сосуществование этих моделей, является их помещение в объемлющее пространство-время большого числа измерений.

Богатство однородных и изотропных космологических моделей возникает в случае от-

1 См. 9. М. Чудинов. Общая теория относительности и пространственно-временная структура Все-

_____ ^, , ^.ji,^j.lj1*h.v>j. iu"j
u.u.\j~ d LftJJVIUil Jlc(>i C

ленной. “Вопросы философии”,
1967, 152

3, стр. 65.

личной от нуля космологической
постоянной Я, в законе тяготения
Эйнштейна. Если $A.>0$ — это
можно трактовать как
существование во Вселенной,
наряду с гравитационным
притяжением, некоторого

универсального космологического отталкивания. Напротив, наличие $A, < 0$ предполагает добавочное универсальное космологическое притяжение.

Физическая природа фактора, описываемого космологическим членом, пока неясна. В самое последнее время появились предположения, что он обусловлен нарушением симметрии в области слабых взаимодействий элементарных частиц, несимметричностью физического вакуума'. Если физический вакуум асимметричен, в теории возникает

некоторая отличная от нуля величина типа плотности числа частиц в вакууме. Хотя эта величина очень мала и заметно не влияет на общую плотность вещества во Вселенной, тем не менее она может привести к важным для космологии следствиям, например отличной от нуля космологической постоянной.

Особенно большое разнообразие космологических моделей возникает при $\Lambda > 0$. К этому типу относятся, в частности, уже знакомые нам цилиндрическая

модель Эйнштейна и сферическая модель де Ситтера. Последняя является одной из так называемых “пустых” моделей, в которых средняя плотность вещества и излучения равна нулю и вместе с тем

1 См. А. А. Гриб, Е. В. Дамаскинский, В. М. Максимов. Проблема нарушения симметрии и инвариантности вакуума в квантовой теории поля. “Успехи физических наук”, 1970, т. 102, вып. 4.

753 кривизна пространства отлична от нуля. Чтобы разрешить возможное недоумение, отметим: общее положение о том, что метрика пространства-времени определяется материей, здесь не нарушается. Просто обнаруживается, что геометрия пространства-времени определяется не только массивными макрообъектами, но и другими, более тонкими видами материи.

Интересным свойством “пустых” моделей при $\Lambda > 0$ является то, что

для них понятие бесконечности пространства становится относительным, зависящим от системы отсчета (пространство в одной системе отсчета конечно, в другой бесконечно). Особенность моделей с $\Lambda < 0$ заключается, в частности, в том, что расширение Вселенной в них непременно сменяется сжатием.

Впервые член с космологической постоянной был введен в закон тяготения самим Эйнштейном для обеспечения стационарности мира (гравитационное притяжение при

этом как бы компенсировалось космологическим отталкиванием). Впоследствии, когда оказалось, что мир не стационарен, необходимость в космологической постоянной отпала, и она была приравнена нулю. Однако позже было показано, что член с космологической постоянной возникает в результате строгого математического вывода уравнений общей теории относительности'. Поэтому обычно практикуемое отбрасывание космологического члена, вообще говоря, необоснованно.

1 См., например, Я. В. Зельдович, И. Д. Новиков. Теория тяготения и эволюция звезд. М., 1971, стр. 39.

154

До сих пор речь шла об однородных и изотропных моделях. Однако не исключено, что постулат однородности и изотропности мира является лишь приближением к реальности. В связи с этим разрабатываются теории неоднородной анизотропной Вселенной. Они

развиваются но двум
направлениям: либо выдвигаются
частные анизотропные модели с
определенными свойствами
симметрии (например,
упоминавшаяся выше модель Гё-
деля, обладающая вращательной
симметрией), либо производится
общее качественное рассмотрение
поведения материальных объектов
и пространственно-временной
метрики в произвольной области
неоднородной анизотропной
Вселенной'. С точки зрения
последнего подхода богатство
материальных условий в
неоднородной Вселенной не

позволяет выразить ее какой-то одной частной моделью. В разных областях могут приближенно реализоваться качественно различные модели, но ни одна из них не может охватить всю Вселенную.

Множество космологических моделей отличается друг от друга не только метрическими, но и топологическими свойствами: одни замкнуты, другие нет, третьи обладают специфической топологией времени и т. д. Трудность представить на современной стадии развития

науки топологическую структуру Вселенной усугубляется тем, что в математике до сих пор не решен вопрос о количе-

1 См. А. Л. Зельманов. К релятивистской теории анизотропной неоднородной Вселенной. “Труды шестого совещания по вопросам космогонии”. М., 1959.

155 стве топологических типов для трехмерных и четырехмерных многообразий. Во всяком случае, богатство этих типов очень велико,

и при исследовании структуры Вселенной мы можем столкнуться с еще неизвестными сложными топологическими характеристиками.

Мы видим, что идея множественности пространств и времен не является чисто спекулятивной — она выдвигается самим развитием физики и космологии. Однако эту множественность не следует мыслить с позиций обыденного здравого смысла. Ее более строгое понимание требует обращения к философскому понятию

пространственно-временной
формы. Под последней мыслится
пространство-время с
определенным набором
метрических и топологических
свойств, в котором локализован
обширный класс материальных
объектов, подчиняющихся особым
фундаментальным законам
природы. Анализ показывает, что
любая пространственно-временная
форма относительно
самостоятельна от
локализованных в ней объектов и в
этом смысле служит для них как
бы предпосылкой, условием их
существования. С другой стороны,

несомненно, что все свойства пространственно-временной формы относительно, в конечном счете обусловлены фундаментальными материальными явлениями и закономерностями.

Естественно полагать, что в мире не существует универсальной пространственно-временной формы, единой для всей материи. В самом деле, если материя есть *causa sui*, 156

причина самой себя, то она не может иметь никакого отличного от себя самой условия существования. Более того, вывод о многообразии пространственно-временных отношений в мире вытекает из принципа неисчерпаемости материи.

Данный принцип обладает чрезвычайно богатым содержанием, которое не всегда осознается. В нем можно вычленить два взаимосвязанных аспекта: онтологический и гносеологический !.

Гносеологический аспект состоит в том, что ни на одном конечном этапе познания невозможно получить полного исчерпывающего знания о материи. Онтологический аспект этого принципа обычно подразделяется на неисчерпаемость “вглубь” и неисчерпаемость “вширь”.

Неисчерпаемость “вглубь” предполагает, что в фундаменте материи нет первоэлементов, то есть бесструктурных, абсолютно простых объектов. Нет и однородной, однокачественной первоматерии. Любые физические

объекты, в частности элементарные частицы и поля современной физики, имеют собственную структуру, ют которой можно отвлечься лишь в абстракции. Неисчерпаемость “вширь” подразумевает, что в мире существует бесконечное многообразие разнокачественных явлений, видов материи, форм движения, типов взаимосвязей и закономерностей.

На первый взгляд положения о неисчерпаемости материи “вглубь” и “вширь” совер-

1 См. Г. А. Свечников.
Неисчерпаемость материи.
“Структура и формы материи”. М.,
1967.

157 шенно различны. Но на деле
они неразрывно взаимосвязаны.
Различение этих двух аспектов
обязано главным образом месту
познающего субъекта в мире
явлений, исходному характеру
нашего макроскопического опыта.
Если на минуту отвлечься от того
обстоятельства, что макромир, к
которому принадлежим мы сами и
все наши средства эмпирического
познания, как бы рассекает

действительность на два мира: “мир малого” и “мир большого”, то эти две стороны неисчерпаемости сливаются воедино. Оказывается, что неисчерпаемость мира “вглубь” и “вширь”— это, по существу, одно и то же.

Отсюда вытекают важные следствия. Поскольку материя неисчерпаемо многообразна, а пространство и время — формы существования материи, то эти формы сами должны быть многообразными. Ведь бесконечно многообразны не только явления, но и законы природы. Материя

неисчерпаема не только на уровне явлений, но и на уровне сущности, закона. Сущность вещей, или субстанция, тоже относительны, писал В. И. Ленин, они выражают только углубление человеческого познания объектов '. Отсюда следует, что даже пространственно-временные отношения, обусловленные особо фундаментальными явлениями и закономерностями, должны быть многообразными. Так как материя неисчерпаема и в количественном, и в качественном аспекте, то, следовательно, пространство и

время также неисчерпаемы и в количествен-

См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 277.

158

ном (метрическом), и в качественном (топологическом) отношении.

Другим следствием принципа неисчерпаемости материи является то, что понятия про-

странственности и временности неприменимы к “миру в целом”, относятся лишь к физическим объектам, локализованным в конкретных пространственно-временных формах. В самом деле, поскольку не существует универсальной пространственно-временной формы, единой для всего мира, строго говоря, утверждение “мир существует во времени и пространстве” не имеет смысла. “Мир в целом” — это совершенно особый объект, который не представляет собой целостной системы в обычном смысле слова и в связи с этим не

обладает ни протяженностью, ни длительностью.

Отсюда вытекает возможное решение одной из сложных философских проблем. “Мир в целом” не может изменяться в смысле последовательной смены его состояний во времени. Он изменяется лишь в отношении становления любых составляющих его объектов и систем. Учитывая это, можно сказать, что материальный мир вечен, существует во “вневременном” аспекте бытия, о котором говорилось ранее. Таким образом,

принцип неисчерпаемости
материи позволяет уточнить
философское понятие вечности и
дать последнему научное
материалистическое истолкование.
Единство мира в космологии и
философии

При чтении предыдущего
параграфа у читателя могли
возникнуть следующие вопросы: а
не нарушает ли столь большое
многообразие пространственно-
временных форм и отношений
принципа материального единства
мира? Как мыслить принцип
единства мира с учетом этого

многообразия? Прежде чем ответить на эти вопросы, необходимо сделать одно разъяснение: единство мира в космологии и философии понимается не совсем одинаково. В связи с тем что предметы космологии и философии не совпадают, понятия “Вселенная” космологии и “материальный мир” философии имеют различное содержание.

По поводу трактовки понятия “Вселенная” и его соотношения с понятием “материальный мир” в философской литературе имеются

значительные расхождения'. По нашему мнению, под “миром” следует понимать все существующее как предмет широкого философского исследования с позиций определенной онтологической модели. Так, согласно принятой нами онтологической модели, мир — это многообразие уровней материи и

1 См.: А. С. Кармин. К вопросу о предмете космологии. “Некоторые вопросы методологии научного исследования”. Л., 1968; В. В. Каяютипский. Понятие

“Вселенная”; Э. Кольман. О
конечности и бесконечности
Вселенной. “Бесконечность и
Вселенная”. М., 1969.

160

пространственно-временных
форм. С другой стороны, под
Вселенной следует понимать ме-
гамир, то есть взятое со стороны
его цельности многообразие
физических объектов, вошедших в
сферу современной конкретно-
научной практики.
Предполагается, что объекты

включены в физическую картину мира и удовлетворяют критериям существования, принятым в методологии естествознания.

Из этих определений вытекает, что Вселенная — это вовсе не “все существующее”. Она представляет собой некоторый “срез” материального мира, полученный с помощью современных конкретно-научных методов.

Вместе с тем было бы неверно и слишком сужать понятие “Вселенная”, например,

отождествлять ее с практически наблюдаемой в настоящее время астрономической областью мира. Во-первых, сфера наблюдения с усовершенствованием оптических инструментов и с развитием космонавтики сама все время расширяется, а во-вторых, наука никогда не ограничивается одними только данными наблюдений и формулирует закономерности, верные для более широкого класса явлений. Важно лишь, чтобы любые предполагаемые объекты во Вселенной были хотя бы в принципе познаваемыми в опыте и соответствовали современной

физической картине мира. Не исключено, что понятие “Вселенная” шире понятия “Метагалактика”, что последняя не является единственной системой во Вселенной.

Приведенные определения “мира” и “Вселенной” предполагают один момент, имею-

6 А. М. Мостепаненко 261 щий чрезвычайно важное значение. Ко Вселенной мы относим лишь те объекты, которые удовлетворяют естественнонаучным критериям

существования, другие объекты считаются несуществующими. Напротив, к “миру” мы относим даже те объекты, к которым эти критерии применить пока невозможно; то есть достаточно, чтобы вводимые объекты не противоречили самым общим философским принципам. Но ведь в зависимости от того, что считать существующим, в корне меняется тот класс объектов, который служит предметом исследования, а вместе с тем меняется и характер единства и взаимосвязи этих объектов.

Иногда высказываются сомнения, пригодны ли для космологии стандартные естественнонаучные критерии существования '. Мы считаем подобные сомнения неоправданными. Поскольку космология эмпирическая наука, она должна руководствоваться не только общефилософскими, но и методологическими критериями существования, которые используют и другие естественные науки, такие, как физика. Иначе космология может потерять свой опытный характер и стать натурфилософской системой. Хотя

материальный мир бесконечно разнообразен, любое его опытное познание происходит на макроуровне, с использованием макроскопических приборов и инструментов. Поэтому нет противоречия между неисчерпаемостью материи и наличием

1 См. Г. И. Наан и В. В. Казютинский. Теория познания и проблемы современной астрономии, “Вопросы теории познания”. М., 1969, стр. 131.

ем методологических критериев существования, пригодных для всего опытного естествознания. (Сказанное, конечно, не означает, что понимание этих критериев не может развиваться и уточняться с развитием научного познания и что к уже известным критериям не могут добавиться новые, лучше “работающие” в познании некоторых новых классов явлений.)

В качестве основания для сомнения в данном вопросе используются такие факты, как конечность скорости распространения физических сигналов и “самозамыкание” физической системы при гравитационном коллапсе. В связи с предельностью скорости света мы в любой данный момент времени действительно не можем получить информацию от тех событий во Вселенной, которые лежат вне нашего светового конуса. Но условие принципиальной наблюдаемости здесь не нарушается, так как мы можем

получить эту информацию в другие, более поздние моменты. Выбор наблюдателем пространственно-временной области, благоприятной для восприятия некоторого события, ничуть не менее законен, чем, скажем, выбор местоположения в пространстве, позволяющего наблюдать окружающий ландшафт.

Несколько более сложная ситуация возникает при гравитационном коллапсе. Из сферы Шварцшильда к нам действительно не может проникнуть никакая физическая

информация обычного типа. Но и это не означает принципиальной ненаблюдаемости. Во-первых, внешние наблюдатели могут обнаружить пре-6* 163 терпевшую коллапс систему как раз по ее способности поглощать любое излучение (астрофизики называют такую систему “black hole” — “черная дыра”). Во-вторых, сфера Шварцшильда является односторонней преградой для передачи сигнала: никакой объект не может выйти наружу, по любой объект извне может попасть внутрь. Если бы наблюдатель мог бы лично прибыть на объект,

сжимающийся под действием коллапса, он получил бы о нем информацию “из первых рук”.

По нашему мнению, у современной астрофизики нет достаточных оснований отказываться от условия принципиальной наблюдаемости, используемого в методологии физического познания. Поэтому нецелесообразно включать в понятие “Вселенная” такие модели, которые не удовлетворяют этому условию. Например, предположение о существовании кроме нашей Метагалактики

некоторых других Метагалактик пока является проблематичным, так как неясно, с помощью каких типов взаимодействия можно вступить с ними в связь и как описать эту связь в рамках современной научной картины мира.

Соблюдение условия принципиальной наблюдаемости является следствием единства и взаимосвязи объектов во Вселенной, и отказ от него вступил бы в противоречие с обычным пониманием этого единства. Сказанное, конечно, не означает,

что теоретические модели, не удовлетворяющие условию наблюдаемости, лишаются права на существование. Однако, пока они не согласованы с этим ус-164

ловием, они остаются предположениями, требующими дальнейшей конкретизации.

Это, в частности, относится к чрезвычайно интересной гипотезе Г. И. Наана о симметричной Вселенной', согласно которой существует СРТ-антимир, в котором не только знаки зарядов

заменены на обратные, но время имеет иное направление, а пространство “вывернуто наизнанку” (такая гипотеза согласуется со всеми законами современной физики, но не удовлетворяет критерию наблюдаемости).

Ситуация с наблюдаемостью СРТ-антими-ра гораздо более сложна и проблематична, чем возникающая при гравитационном коллапсе. Между миром и антимиром в теории симметричной Вселенной отсутствует но только

двусторонняя, как при коллапсе, но и односторонняя передача информации. Проникновение наблюдателя под сферу Шварцшильда — вполне реальная (хотя и трудно осуществимая) операция. “Путешествие” же наблюдателя в СРТ-антимир в принципе невозможно, так как этому миру присуще обратное по отношению к нашему направление времени. Вместе с тем мы присоединяемся к мнению Г. И. Наана, что в связи с развитием современной космологии требуется разработка новых, более эвристичных критериев. В

частности, Г. И. Наан предлагает пользоваться “физико-теоретическим критерием”, согласно которому существует все то, что мо-

1 Г. И. Наан. Симметричная Вселенная. “Публикации Тартуской астрономической обсерватории”, т. 34. Тарту, 1964, стр. 423.

165 жет реализоваться в рамках законов физики, что не противоречит законам природы. Этот критерий сыграл важную

эвристическую роль в физике элементарных частиц. Исходя из него, Дирак предсказал существование античастиц, совершив одно из величайших открытий XX в. Его знаменитое уравнение, введенное для описания электронов, имело второе решение, которое казалось лишенным всякого физического смысла. Однако именно оно позволило предсказать существование позитронов, а затем и других античастиц.

Несомненно, данный критерий применим и в космологии. Но

вместе с тем он сталкивается с определенными логическими трудностями. С одной стороны, факт существования некоторого объекта может быть установлен безотносительно к какой-либо физической теории. С другой стороны, так как в нашем распоряжении никогда нет полного списка законов природы, может случиться, что объекты, допускаемые одним законом, запрещены другим, нам еще неизвестным. Однако в любом случае использование физико-теоретического критерия эвристически оправдано: либо в

процессе исследования мы обнаружим во Вселенной новый класс физических объектов, либо установим новый закон природы, запрещающий существование этих объектов.

Принцип единства мира содержит два неразрывно взаимосвязанных момента. Материальное единство мира в предельно широком, философском смысле этого слова выражается в существовании атрибутивных свойств действительности, в фундаменталь-

ных философских принципах и закономерностях. Это вытекает из марксистского положения, что единство мира состоит в его материальности, и полностью согласуется с ленинским определением материи, в котором не фигурирует каких-либо частных физических характеристик (масса, энергия, заряд и т. д.). Но принцип единства мира доказывается, как писал Энгельс, “не парой фокуснических фраз, а длинным и трудным развитием философии и естествознания”¹. Поэтому нельзя

не учитывать и другого аспекта единства мира — аспекта на уровне естественнонаучных картин мира, фундаментальных физических характеристик и закономерностей.

Построение моделей Вселенной в космологии относится именно к этому второму аспекту единства мира. Создание более глубоких физических картин мира не может не отражаться на космологии, на понимании ее объектов и, следовательно, на построении модели Вселенной. В процессе развития естествознания будут

создаваться новые, более сложные модели Вселенной, выражающие все более глубокое понимание мира.

Естественнонаучный аспект принципа единства мира выражается, кроме того, в наличии у разных пространственно-временных форм общих геометрических характеристик, во взаимном согласовании различных пространственно-временных моделей в рамках единой физической картины мира и т. д. Так, искривленное мегапространство общей тео-

К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 43.

167 рии относительности в малых масштабах переходит в плоское макространство специальной теории относительности.

Микространство, которое, быть может, обладает особой качественной спецификой, в больших масштабах переходит в макространство и т. д.

Надо, конечно, иметь в виду, что взаимодействие объектов, локализованных в топологически различных пространственно-временных формах, будет обладать особой спецификой. При таком взаимодействии осуществляется скачкообразное отображение друг на друга двух несоизмеримых типов реальности, что может привести к вероятностному характеру взаимодействия. Нечто подобное осуществляется в квантовой механике, описывающей “пограничную” область между макро-и микромиром.

И наконец, последнее замечание. Выше мы всюду подчеркивали, что понятия “мир” и “Вселенная” не совпадают. Но из сказанного ясно, что их различие не следует и абсолютизировать. Мы видели, что с развитием научного познания понятие “Вселенная” все время расширяется и обобщается, в его содержание входят все новые и новые объекты и явления. То, что прежде было лишь умозрительным предположением, может приобрести естественнонаучный статус, войти в сферу человеческого опыта. Короче говоря, Вселенная — это

максимально широкий объект
естественнонаучного познания и
вместе с тем тот исторически-
ограниченный образ, в котором
мир предстает перед космологом.
168

Конечна или бесконечна
Вселенная?

В своем главном труде — “
Критике чистого разума” Кант
формулирует четыре “антиномии”,
сыгравшие важную роль в истории
философии и космологии. Для нас
особенно интересна первая, в

которой он доказывает следующие два противоположных суждения.

Тезис. Мир имеет начало во времени и ограничен также в пространстве.

Антитезис. Мир не имеет начала во времени и границ в пространстве; он бесконечен и во времени, и в пространстве '.

Допустим, говорит Кант, мир не имеет начала во времени. Тогда до настоящего момента времени протекла вечность, то есть прошел

бесконечный ряд следующих друг за другом состояний вещей в мире. Но бесконечность ряда именно в том и состоит, что он не может завершиться путем последовательного синтеза. Следовательно, завершённый бесконечный мировой ряд невозможен, и мир имел начало во времени.

Теперь допустим, продолжает Кант, что мир имел начало во времени. Тогда должно существовать время, когда мира не было, то есть пустое время. Но в последнем невозможно

возникновение какой бы то ни было вещи, так как ни один момент такого времени не имеет никаких преимуществ перед другими. Следовательно, мир не может иметь

1 См. И. Кант. Соч. в шести томах, т. 3, стр. 404—405.

169 начала во времени и в отношении прошедшего времени бесконечен.

Аналогичным путем, хотя и более сложным, Кант выводит, что

мир конечен и вместе с тем бесконечен в пространстве.

Доказательства каптовских антиномий часто критиковались за наличие логического круга в рассуждениях'. Однако, если всесторонне проанализировать смысл употребляемых Кантом терминов, кажущийся круг в доказательстве исчезает². Было бы неправильно также думать, что кантовские антиномии полностью объясняются с помощью современной теории множеств³. Несмотря на некоторые устаревшие естественнонаучные

положения, принимаемые Кантом в доказательствах антиномий, последние актуальны и для современной пауки.

Каковы причины их возникновения? Кант полагал, что источник антиномий — в неприменимости к миру “вещей в себе” понятий, относящихся лишь к сфере явлений. “Вещи в себе” непознаваемы, о них можно сказать лишь то, что они существуют, не более. Когда же мы начинаем прилагать к ним наши обычные понятия и определения,

разум запутывается в
противоречиях.

Хотя с подобным решением
проблемы нельзя согласиться, в
нем имеется рацио-

1 См. Гегель. Соч., т. V. М., 1937,
стр. 207, 262; Л. Ригер. Введение в
космологию. М., 1959, стр. 79.

2 См. А. М. Мостепаненко.
Космологические антиномии
Канта и проблема диалектического
противоречия. “Вестник ЛГУ”,
1970, № 11, стр. 71.

3 См. Дж. Уитроу. Естественная философия времени, стр. 46.

170

нальное содержание. Как показывает история познания, одной из важных причин возникновения антиномий является как раз то, что употребляемые в них понятия, строго говоря, неприменимы к объекту, на который они направлены, слишком узки для него. Неисчерпаемость объекта

исследования и ограниченность нашего научного языка неизбежно порождают противоречия в познании. Однако узость наших понятий обнаруживается лишь при переходе от старой системы понятий, в рамках которой возникла антиномия, к новой, более совершенной. При этом в последней на смену тезису и антитезису приходят иные, более точные положения.

Кант ошибочно полагал, что антиномии доказывают непознаваемость мира “вещей в себе”, тогда как они лишь

свидетельствуют о необходимости более четкого разграничения понятий, относящихся к “миру в целом”, от понятий, характеризующих лишь его отдельные уровни.

Разъясним, что мы имеем в виду. Во времена Канта считалось само собой разумеющимся, что в мире имеется одно пространство и одно время с фиксированным набором геометрических характеристик и что для решения проблемы бесконечности достаточно сделать выбор между двумя альтернативными возможностями:

конечная или бесконечная
протяженность и длительность. Но
если мир не исчерпывается одной
пространственно-временной
структурой, содержит множество
качественно различных
пространственно-временных
форм, то понятия метрической

171 конечности и бесконечности
применимы лишь к отдельным
этим формам, а не ко всему их
многообразию, не к “миру в
целом”.

В самом деле, если мы выберем какую-либо возможную пространственно-временную форму, то следует учитывать самые разнообразные варианты: пространство и время метрически конечны (бесконечны); пространство конечно, а время бесконечно; пространство бесконечно, время конечно; понятие бесконечности становится относительным, зависящим от выбора системы отсчета; наконец, понятия метрической конечности и бесконечности вообще неприменимы. Следовательно, задавать вопрос о том, является ли

мир метрически конечным или бесконечным, не более осмысленно, чем, скажем, спрашивать о наборе красных, черных и бесцветных объектов: красный он или черный? Так как не существует универсального, в философском смысле этого слова, пространства-времени, сама постановка вопроса о его метрической конечности или бесконечности не имеет смысла.

Нечто подобное кантовским антиномиям возникает в современных дискуссиях, посвященных проблеме

бесконечности мира, когда пытаются экстраполировать на “мир в целом” какую-то одну космологическую модель. Астрономические наблюдения всегда имеют дело с локальной областью Вселенной, и только к этой области относятся эмпирические данные о плотности вещества во Вселенной и, следовательно, о кривизне пространства. Для того чтобы прийти к выводу о конечно-172

сти или бесконечности мира, необходимо экстраполировать эти данные на “мир в целом”,

например постулировать однородность и изотропность мирового пространства. Но при дальнейшем расширении охваченной наблюдениями области может обнаружиться неправомерность этой экстраполяции, а вместе с тем и наших выводов о конечности (бесконечности) мира. Таким образом, создается впечатление, что бесконечность мира в принципе не может быть эмпирически обоснована. На этом основании высказывается мнение, что тезис о бесконечности или конечности мира имеет

посгулативный характер, а
проблема бесконечности в
релятивистской космологии
неразрешима в рамках обычной
двузначной логики 1.
Предполагается, что закон
исключенного третьего в данном
случае теряет силу подобно тому,
как он оказывается неприменимым
в конструктивистской математике.

В конструктивистской
математике объект считается
существующим лишь в том случае,
если он задан конструктивно, то
есть если имеется конечный
алгоритм (метод) его построения.

В этом случае теряет силу закон исключенного третьего. Например, мы знаем, что число π приближенно равно 3,14159... Математиками вычислено большое, но все же конечное число членов разложения. Спрашивается, существует ли где-либо в этом разложении сто нулей подряд? С позиций обычной

1 См. Э. М. Чудииов. Общая теория относительности и пространственно-временная структура Вселенной. “Вопросы философии”, 1967, № 3, стр. 70.

173 логики, на этот вопрос следует ответить: “либо да, либо нет”. С точки зрения конструктивистской логики, такое суждение неверно, так как наличие в разложении ста нулей подряд мы не можем ни доказать, ни опровергнуть '.

Таким образом, в релятивистской космологии возникает ситуация, во многом сход-пая с конструктивистской логикой я кантов-скими антиномиями. Ведь в последних закон исключенного третьего также ставится под сомнение. В

самом деле, если бы тезис и антитезис кантовских антиномий можно было считать обоснованными, потерял бы силу не только логический закон противоречия, но и закон исключенного третьего. Как мы видели, в доказательстве антитезиса Кант фактически обосновывает- неверность тезиса, а наоборот, так что как тезис, так и антитезис оказываются не только одинаково истинными, но и одинаково ложными.

Однако на самом деле, учитывая наши предыдущие рассуждения, то

обстоятельство, что пространственно-временная конечность и бесконечность не являются двумя альтернативными возможностями, относящимися к “миру в целом”, вовсе не означает нарушения закона исключенного третьего: просто обнаруживается, что как утверждение о метрической бесконечности мира в пространстве и во времени, так и его отрицание являются неосмысленными. Когда, ссылаясь

1 См., например, Г. //. Руаавин. О природе математического знания, гл. 8. М., 1908. 174

на неустранимую ограниченность опытных данных о кривизне пространства, делают вывод о том, что проблема бесконечности Вселенной в релятивистской космологии неразрешима в рамках обычной двузначной логики, то при этом неявно исходят из предположения о возможности распространения на “мир в целом” понятий метрической конечности и бесконечности. Полагают, что многообразие исследуемых явлений хотя бы в принципе может быть описано моделью, в которой

посредством особого постулата принимается положение о бесконечности (конечности) мира, а это неправомерно. Антиномии Канта, как и многие другие, разрешаются не путем перестройки логики, а посредством обобщения наших содержательных понятий и представлений, путем приведения их в соответствие с неисчерпаемым богатством объекта научного познания.

С рассмотренными вопросами, как мы видели, тесно связана так называемая проблема

“порождения” Вселенной.
Известно, что за теорию
“расширяющейся” Вселенной
сразу же ухватились теологи и что
сам римский папа Пий XII
истолковал ее как научное
подтверждение тезиса о
сотворении мира богом.

Если бы мы представили себе
спор уже знакомых нам Философа
и Теолога по вопросу о
происхождении Вселенной, он мог
бы протекать следующим образом.
(В дискуссии принимает участие и
Физик.)

Теолог. Я уже неоднократно подчеркивал, что в развитии научного познания рано или поздно возникает такой момент, когда са-

175 ма наука приближает нас к богу, к познанию мудрости творца. Сейчас такой момент наступил и в космологии. Почти все современные космологи согласны с тем, что примерно 17 миллиардов лет назад наша Вселенная возникла как некоторый сгусток материи и с тех пор изменяется как единое целое. Вселенную можно уподобить

сотворенному богом живому организму, который растет, увеличивается в размерах, вступает в период зрелости, стареет и в конце концов умирает. В период, следующий за сотворением, во Вселенной образуются атомы, химические элементы, звезды, звездные системы и, наконец, возникают условия, подходящие для жизни людей. Все это говорит о совершенстве и целесообразности устройства Вселенной, о бо-жествоштом предопределении.

Философ. Факт объективной эволюции Вселенной, обнаруженный релятивистской космологией, не имеет никакого отношения к “божественному предопределению”. Вселенная развивается в соответствии с объективными законами природы, а не по воле бога. Идея развития любых материальных систем, в том числе космических,— центральная идея материалистической диалектики. Как известно, Энгельс чрезвычайно высоко ставил гипотезу Канта-Лапласа об образовании солнечной системы именно за то, что она

впервые ввела диалектическую идею развития в космологию. Догма о неизменности, стационарности Вселенной идет еще от Аристотеля, который ввел подразделение на “надлунный” и “подлунный” миры. По Ари-176

стотелю, подлунный мир изменчив, непостоянен. Надлунный же мир — мир божественных небесных сфер вечен и неизменен. Эта точка зрения, как известно, впоследствии была взята на вооружение Фомой Аквинским и средневековыми богословами и

схоластами.

Открытия

релятивистской космологии —
подтверждение диалектико-
материалистического принципа
развития.

Теолог. Насколько я могу судить, идея изменения “мира в целом” несовместима с материализмом. Еще Джордано Бруно доказывал, что Вселенная не рождается, так как ей не из чего родиться, и не уничтожается, так как нет другой вещи, в которую она могла бы превратиться. Более того, материальная Вселенная не может количественно или качественно

изменяться, так как это пришло бы
в противоречие с
песотворимостью и пе-
уничтожимостью материи и с тем,
что Вселенная в любой момент
времени содержит в себе все
качества. Когда говорится о
формировании солнечной
системы, некоторой локальной
части Вселенной, изменение и
даже порождение этой системы,
конечно, материализму не
противоречит. Совсем иное дело
вопрос об изменении “мира в
целом”. Допустить такое
изменение — значит признать
один или множество актов

божественного творения. Кроме того, допущение единой линии развития “мира в целом”, то есть его перехода от простого к сложному, более совершенному, неизбежно предполагает наличие конечной цели эволюции и тем самым божественного предопределения.

177 Философ. В своих утверждениях о “сотворении” мира вы совершаете подмену понятий. С философской точки зрения у нас нет никаких оснований считать Вселенную современной релятивистской космологии

“миром в целом”, всей материей. В свое время под “миром в целом” понимали Землю, затем солнечную систему, нашу Галактику, систему галактик и, наконец, пришли к открытию Метагалактики. Уроки развития научного познания говорят о том, что и Метагалактика, то есть все охватываемое астрономическими наблюдениями множество галактик,— это отнюдь не все существующее. Следовательно, и современные космологические модели, описывающие Метагалактику, не могут претендовать на выражение “всей

материи”. Философское понятие “мир в целом” — столь сложное и неопределенное, что его использование без соответствующего уточнения легко может привести к путанице. Многие обычные понятия, в частности понятие изменения, применимы к “миру в целом” лишь в некотором особом аспекте. Но раз нет оснований отождествлять Вселенную современной космологии с “миром в целом”, в философском понимании этого слова, все ваши аргументы о необходимости божественного вмешательства на начальном этапе

эволюции рушатся. Возникновение Вселенной не порождение мира из ничего, а особо фундаментальный качественный скачок, связанный с переходом материи из одного состояния в другое. Эволюция нашей Вселенной — объективный закономерный процесс, подчиняющийся припци-

178

пу причинности. Нот никаких научных оснований говорить о какой-то цели, к которой якобы стремится Вселенная.

О наличии единой линии развития нашей Вселенной пока можно строить лишь отдельные догадки. Но ясно одно, что анализ этого вопроса в рамках теологических взглядов, без прямого обращения к материалистическим представлениям о мире, оказывается невозможным. Проблема изучения общих законов эволюции Вселенной, от самых первоначальных ее этапов до возникновения и развития жизни и сознания как космического фактора, уже поставлена на повестку дня современной наукой.

Это актуальная комплексная проблема, в решение которой должны внести свой вклад физика элементарных частиц, астрофизика, астрономия и космология, кибернетика, биология, философия и другие науки, по отнюдь не теология.

Физик. Я полагаю, что теория расширяющейся Вселенной полностью согласуется с материализмом даже без тех предположений о многообразии мира, которые выдвигает Философ. С точки зрения релятивистской космологии

вполне разумно допустить, что расширяющаяся Вселенная — это именно все существующее. Бессмысленно спрашивать о том, что же находится вне ее? Аналогично не имеет смысла вопрос: “А что же было до возникновения Вселенной?” Этот вопрос был бы правомерным, если бы до возникновения Вселенной существовало физическое время. Но поскольку, согласно релятивистской космологии, понятие времени приобретает смысл

179 только с момента
возникновения Вселенной,
интересоваться тем, а что было,
скажем, сто миллиардов лет назад,
значит допускать логическую
ошибку.

Отсюда ясно, что ошибочно
говорить о “сотворении” мира. Это
можно было бы утверждать лишь в
том случае, если бы в некоторый
период времени нашего мира не
было, а затем он был бы сотворен
из ничего. Но раз существование
такого “пустого” времени
невозможно (времени без материи,

согласно теории относительности, не существует), ни о каком “сотворении” не может быть и речи.

Теолог. Ваши рассуждения почти слово в слово воспроизводят точку зрения св. Августина, но с небольшим отличием: вы не используете понятие бога. Анализируя вопрос о том, почему мир не был сотворен раньше или позже дня творения, св. Августин пришел к выводу, что этот вопрос неправильно сформулирован. По Августину, бог — вечное существо, находящееся вне потока времени.

Время было сотворено богом одновременно с сотворением мира и вне мира не существует. Поэтому неверно полагать, что бог сотворил мир в некоторый избранный момент “пустого” времени и что при желании он мог бы его создать раньше или позже данного момента. Такое понимание акта сотворения было бы совершенно незаконным. Но тем самым разрешается множество философских трудностей и парадоксов, таких, как антиномии Канта.

Философ. Я полагаю, что хотя концепция Августина внесла важный вклад в фило-180

софскую теорию времени и даже кое в чем предвосхитила эйнштейновскую идею относительности времени, в целом с ней нельзя согласиться. И не только потому, что понятие бога для материалиста неприемлемо, но и по логическим основаниям. В самом деле, если бог — вечное существо, то как он мог сотворить мир временных вещей? Ведь само “творение” — это временной

процесс, оно имеет отдельные фазы и протекает в определенной последовательности. Чтобы творить, нужно самому существовать во времени, иначе сотворенные вещи никак не проявят себя во временном мире.

Вместе с тем я не могу полностью согласиться и с подходом уважаемого Физика, так как он не учитывает в достаточной мере принцип неисчерпаемости материи, качественное многообразие мира.

Теолог. Все же мне не совсем
ясна ваша точка зрения. Насколько
я знаю, материализм обычно
принимает положение о
бесконечности мира в
пространстве и вечности его во
времени. Можно ли согласиться с
этими положениями? Ведь, по
крайней мере, второе из них
противоречит релятивистской
космологии!

Ф и л о с о ф. Понимание
бесконечности, о котором вы
говорите, было свойственно
материализму прошлого века.

Считалось, что существует единое мировое пространство, бесконечное во все стороны, и единое мировое время без начала и без конца. С современной точки зрения бесконечность мира в пространстве и во времени есть качественная и ко-

181 личественная
неисчерпаемость
пространственно-временных форм и отношений. Пространственно-временная структура мира оказалась гораздо более сложной и многообразной, чем полагали еще столетие назад. В связи с этим

положение материализма о
бесконечности мира в
пространстве и во времени
наполняется новым
диалектическим содержанием.

Конечность существования
Вселенной релятивистской
космологии во времени и ее
возможная конечность в
пространстве полностью
согласуются с общепhilosophическим
положением материализма о
бесконечности мира, если только
мыслить бесконечность не в
традиционном метрическом

смысле, а как неисчерпаемость материи.

В современной науке продолжается все дальше линия Коперника и Бруно, рушатся антропоцентрические представления о привилегированной роли человека во Вселенной и о единственности того комплекса материальных условий, который его окружает. С таких позиций делается ясно, что нет никаких оснований истолковывать возникновение той части мира, в которой мы живем и которая изучается современной

космологией, как сотворение
“мира в целом”.

Итак, делая вывод из аргументов
участников дискуссии, можно
закljučить следующее:
диалектико-материалистическое
понимание пространственно-
временных отношений на
мегауровне требует не только
эмпирических исследований, но и
философского анализа идеи
единства и многообразия мира,
уточнения понятий “мир” и
“Вселенная”.

Глава треть

Пространство и врем

в микромире

Парадоксы микродвиз/сени

Переходя от мегамира к микромиру, мы сталкиваемся с еще более серьезными гносеологическими трудностями, так как в современной микрофизике подвергается

сомнению универсальность
пространственно-временного
описания мира.

Понимание пространства и
времени здесь носит
двойственный характер. С одной
стороны, в квантовой физике
используются обычные
классические представления о
времени и пространстве. Если
скорости микрообъектов малы по
сравнению со скоростью света,
применяется обычное
пространство и время
ньютоновской механики. Если эти
скорости сравнимы со скоростью

света, используется пространство-время специальной теории относительности. Но с другой стороны, не менее очевидно, что фактически квантовые закономерности подрывают классические пространственно-временные представления, ограничивают область их применимости.

183 Согласно основному принципу квантовой механики — соотношению неопределенностей Гейзенберга, квантовая частица не обладает одновременно

определенными значениями
координаты и импульса.

Формулируя принцип
неопределенностей, Гейзенберг
рассуждал следующим образом.
Чтобы измерить координату
микрочастицы, необходимо
использовать фотон очень малой
длины волны, иначе он будет
недостаточно точным
инструментом для столь топкого
измерения. Но чем меньше длина
волны фотона λ , тем больше его
частота ν , а следовательно, по
формуле $E = h\nu$, тем больше и его
энергия. Но столь энергичный

фотоп непременно внесет большие искажения в первоначальный импульс микрочастицы Р. Если же мы хотим точно измерить импульс частицы, мы должны использовать менее энергичный фотон с большей длиной волны и тем самым пожертвовать точностью измерения координаты. Таким образом, невозможно одновременное абсолютно точное измерение импульса и координаты. Это не нужно понимать так, что частица сама по себе обладает импульсом и координатой, но мы не можем их одновременно измерить. Одновременное

значение импульса и координаты в принципе ненаблюдаемо именно потому, что оно вообще не присуще частице.

Из принципа неопределенностей вытекает, что квантовой частице не присуще движение по траектории обычного типа в трехмерном эвклидовом пространстве. Она движется гораздо более сложным образом. В самом де-184

ле, согласно классической механике, движущееся тело,

например, снаряд, обладает в каждой точке своей траектории определенной координатой и определенной скоростью. По принципу же неопределенностей, квантовая частица не обладает одновременно скоростью и координатой. Если в некоторый момент времени частица локализована в определенной точке пространства, ее скорость становится совершенно неопределенной, и уже в следующий момент она “сойдет” со своей траектории.

Невозможность движения квантовой частицы по траектории не ставится под сомнение и в так называемой “траекторией” интерпретации квантовой механики (предложенной Фейнманом '), согласно которой вероятность перемещения частицы из точки А в точку В равна сумме вероятностей ее движения по всевозможным траекториям, соединяющим эти точки.

Получается так, что у частицы нет какой-либо одной определенной траектории, каждая

траектория имеет некоторую вероятность своей реализации. Вместе с тем было бы неверно полагать, будто квантовая частица каким-то загадочным образом движется по всем возможным траекториям одновременно. Возникает вопрос: каким же образом частица движется “на самом деле”, каков истинный механизм ее перемещения в пространстве? Обычно для выяснения данного вопроса об-

1 См. Р. Фейнман, А. Хибс. Квантовая механика и интегралы по траекториям. М., 1968.

185 ращаются к знаменитому мысленному эксперименту с двумя щелями '.

Представим себе, что пучок электронов, излучаемый источником S , проходит через стенку с двумя отверстиями 1 и 2 и попадает на экран (см. рис. 8), на котором имеются чувствительные детекторы, фиксирующие попадание каждого электрона.

Рис. 8.

Если бы электроны были обычными классическими частицами, такими, как дробинки, количество электронов, проходящих через отверстие 1, изображалось бы кривой p_1 , проходящих через отверстие 2 — кривой p_2 , а суммарное число попаданий электронов — кривой P , представляющей собой сумму p_1 и p_2 .

Что же происходит на самом деле? Если мы закроем отверстие 2, получим кривую P_1 ; если закроем отверстие 1, получим

кривую p_z . Если же оба отверстия будут открытыми одновременно, вместо кривой P получим совсем иную картину. Попадания электронов в экран в этом случае образуют систему макси-

1 См., например, “Фейнмановские лекции по физике”, вып. 3. М., 1965, гл. 37.

186

мумов и минимумов, сходных с теми, которые возникают в

результате интерференции световых волн (кривая E).

Каким же образом должны двигаться электроны, чтобы возникла такая странная картина? Ясно, что если бы каждый электрон проходил через какое-нибудь одно отверстие, мы легко могли бы разделить попадания электронов в экран на упомянутые две группы. Суммарное же число попаданий непременно выражалось бы суммой кривых P_1 и P_2 , то есть кривой P . На самом же деле возникает кривая E . Следовательно, как это ни

странно, мы не имеем права утверждать, что единичный электрон проходит через какое-нибудь одно отверстие. Но как же он тогда вообще ухитряется пройти сквозь экран?

Поставим следующий опыт. Будем наблюдать за отверстиями, освещая их фотонами. Мы обнаружим, что каждый электрон добропорядочно проходит через какое-нибудь одно отверстие, то есть упомянутая трудность исчезает. Но при этом система максимумов и минимумов на экране не возникает, попада-пия

электронов описываются кривой Р. Фо-топы, которые мы использовали для наблюдения за электронами, настолько возмущают их движение, что вся картина в корне меняется. В соответствии с соотношением неопределенностей, оказывается в принципе невозможным установить, не разрушив систему максимумов и минимумов, через какое именно отверстие прошел электрон.

Электроны, подобно людям, наедине ведут себя иначе, чем тогда, когда за ними па-

187 ншю, неполноту квантовой механики. Наиболее известный из них содержался в знаменитой статье Эйнштейна, Подольского и Розена, вышедшей в 1935 г.' Перескажем с помощью частного примера суть этого опыта.

Пусть имеется система из двух взаимодействующих квантовых частиц, например молекула, которая состоит из двух атомов, обладающих одинаковыми по величине, но противоположно направленными спинами (собственными моментами

количества движения). Это означает, что суммарный спин молекулы равен нулю. Затем молекула распадается на атомы, и один из атомов удаляется на большое расстояние от другого.

На первый взгляд атомы становятся совершенно независимыми друг от друга. Однако на самом деле это не так. Проекции спина частицы на оси координат x , y , z можно измерять только по отдельности (не более чем одну в каждом опыте), подобно тому как невозможно одновременно точно измерить

импульс и координату. Если мы измерим проекцию спина атома 2 на ось z , то, не производя никаких экспериментов с атомом 1, мы из закона сохранения момента импульса автоматически получаем z -овую составляющую и его спина. Она просто будет равна по величине и противоположно направлена по отношению к проекции спина атома 2. Далее,

1 См. А. Эйнштейн, В. Подольский и Я. Розен. Можно ли считать, что квантовомеханическое описание физической реальности является

полным? “Успехи физических наук”, 1936, т. 16, вып. 4 (здесь же помещен и ответ Бора).

190

если мы измерим одну из остальных двух составляющих спина атома 2, мы автоматически получим соответствующую составляющую спина атома 1.

Таким образом, по мнению авторов статьи, без какого-либо физического взаимодействия с атомом 1, мы можем определить

все три проекции его спина. С их точки зрения, было бы неправильно считать, что частица 1 обладает точным значением одной из проекций спина в одном эксперименте, а точным значением остальных проекций — в других экспериментах. Ведь с частицей 1 мы вообще никаких опытов не производили. Следовательно, все три проекции спина присущи частице 1 одновременно и безотносительно к экспериментальной ситуации. Но квантовая механика, в соответствии с соотношениями неопределенностей, говорит о том,

что одновременно установить точные значения всех трех проекций спина невозможно. Отсюда, как считают авторы, вытекает, что квантовая механика — неполная теория.

В том же 1935 г. был опубликован ответ Бора на статью Эйнштейна, Подольского и Розена, в которой было показано, что причиной парадокса является не неполнота квантовой механики, а неприменимость слишком классического способа рассуждений к описанию квантовых объектов. Бор считал,

что если рассуждать в духе принципа дополнительности, никаких парадоксов не возникает. С точки зрения квантовой механики измерение одной из канонически-сопряженных величин, таких, как проекция спина

191 частицы в мысленном опыте Эйнштейна, Подольского и Розена, порождает новую экспериментальную ситуацию для другой частицы даже в том случае, если между частицами нет какого-либо механического взаимодействия. Как писал Бор, на

этом этапе речь идет, по существу, о возмущении в смысле влияния на самые условия, определяющие возможные типы предсказаний будущего поведения системы. Поэтому не может быть и речи о том, что квантовая частица обладает одновременно точными значениями канонически-сопряженных величин.

В настоящее время большинство физиков согласны с тем, что Бор дал правильное решение проблемы и что в рамках языка квантовой механики никакого парадокса не возникает. Основная причина, по

которой квантовой механике
удастся избежать парадоксов
такого рода при описании
микрообъектов, состоит в том, что
в ней не экстраполируются
макроскопические
пространственно-временные
представления на микропроцессы
“сами по себе”.

Мы уже говорили, что квантовая
механика описывает не
микрообъекты “как таковые”, а
скорее результат их
взаимодействия с
макроскопическими приборами,
“проекция” микрореальности па

пространственно-временной фон макромира. Мы мало что можем пока сказать о том, как ведет себя электрон “как таковой”, но мы можем описать его поведение в двух дополнительных классах макроскопических ситуаций. В одном из них он ведет себя подобно частице, в другом — подоб-

192

но волне. Но сама по себе микрореальность представляет собой не волну, не частицу, а нечто третье, гораздо более сложное. Согласно критерию инвариантности, мы, строго

говоря, не имеем права приписывать частице как таковой даже импульсы и координаты, так как последние присущи микроявлениям лишь в некоторых предельных экспериментальных ситуациях. Отсюда ясно, что совершенно незаконно пытаться представить механизм движения этой реальности в нйшем макроскопическом пространстве, ведь в нем локализована не сама микрореальность, а ее “следы”, дающие о ней лишь весьма неполную и косвенную информацию.

Состояние системы в квантовой механике описывается волновой функцией, которая в координатном представлении зависит от координат и времени. Уравнение Шредингера позволяет, зная волновую функцию системы в один момент времени, вычислить ее значение в любой другой момент. Но эта динамическая закономерность не изображает какой-либо реальный волновой процесс, распространяющийся в трехмерном физическом пространстве. Квадрат модуля волновой функции дает лишь вероятность обнаружения частицы

В том или ином месте макропространства, так что уравнение Шредингера описывает лишь “волны вероятности”. Волновые функции ничего не говорят о том, каков механизм движения микрообъектов “самих по себе”. Как мы уже подчеркивали выше, не исключено, что микрообъекты существуют в особой пространственно-времен-7 А. М. Мостепаненко 193 лении, чем квантовая механика, вскрыть глубинные механизмы движения и взаимопревращения микрообъектов. Но пространственно-временные

представления, которые использует квантовая теория поля, по существу, продолжают оставаться макроскопическими', а именно релятивистскими ("миром" Минковского). В связи с этим в теории возникают существенные трудности и аномалии.

Единственным хорошо разработанным разделом квантовой теории поля пока является квантовая электродинамика, описывающая взаимодействие электромагнитного и электронно-

позитронного полей. Однако и в ней возникают трудности, одна из которых — появление в теории ненаблюдаемых объектов.

Согласно соотношению неопределенностей для энергии и времени: $\Delta E \cdot \Delta t \sim \hbar$, на очень маленькие промежутки времени Δt возможно самопроизвольное изменение энергии микрообъекта на величину ΔE . За счет этой энергии могут возникать новые частицы, которые называют виртуальными, или возможными. Для наблюдения виртуальной частицы необходимо, чтобы за

время ее существования с ней успела провзаимодействовать какая-то реальная частица. Но, как следует из того же соотношения, возмущение, внесенное данным взаимодействием, достаточно для превращения виртуальной частицы в реальную. Таким образом, частицы в виртуальных состояниях оказываются в принципе ненаблю-

1 См. В. Тир-ринг. Принципы квантовой электродинамики. М., 1964, стр. 52.

даемыми'. Между тем описание любого процесса взаимодействия в квантовой электродинамике непременно включает в себя виртуальные частицы.

Например, в процессе рассеяния электрона позитроном излучается виртуальный фотон, в результате чего электрон и позитрон приобретают иные импульсы и изменяют характер своего движения. Аналогично любой другой процесс взаимодействия в квантовой электродинамике связан с поглощением и излучением

каких-либо виртуальных частиц. Следовательно, интимные детали взаимодействия микрообъектов в определенном смысле ускользают от наблюдения.

Что же такое виртуальные частицы? Являются ли они новым типом реальности, открытым в квантовой теории поля, или некоторым абстрактным объектом, которому не соответствует какой-либо реальный прототип и который лишь приближенно, в неадекватной форме, отражает механизм взаимодействия элементарных частиц? Согласно

подходу, предложенному В. С. Готтом², виртуальные частицы представляют собой “потенциальную реальность”, существующую лишь в возможности. Превращение возможности в действительность — это переход виртуальной частицы в реальную. Поэтому неудивительно, что наблюдение виртуальной частицы в реальном эксперименте всегда является косвен-

1 См. Ю. В. Новожилов. Элементарные частицы. М., 1902.

2 См. В. С. Готт. Философские вопросы современной физики. М., 1966.

197 ным, не непосредственным. Однако, по нашему мнению, допущение двух типов бытия - реального и потенциального — является спорным. Конечно, любому процессу и явлению присущи обе противоположности — и возможность, и действительность, причем в процессе развития первая переходит во вторую. Но возможность всегда существует не сама по себе, а как аспект или

тенденция самой
действительности. Например,
возможность того, что абитуриент
поступит в вуз, определяется
такими факторами, как
способности и знания
поступающего, конкурс в данном
вузе и т. п., то есть возможность
заложена в самой
действительности.

Когда говорят о том, что
виртуальные частицы косвенно
наблюдаемы, то, по нашему
мнению, термин “косвенное
наблюдение” понимается слишком
расширительно. Одно дело —• то

что, скажем, электроны наблюдаются не непосредственно, а через посредство макроскопического прибора. Но совсем другое — в случае виртуальных частиц, так как последние, по самому своему смыслу, в качестве “виртуальных” наблюдаться не могут: прежде они должны превратиться в реальные.

Сказанное не означает, что следует уже сейчас отказаться от понятия виртуальных частиц и процессов — такая “рекомендация” была бы абсурдной. Современная теория,

добившаяся больших успехов, не может существовать без этого понятия, а новая более адекватная теория пока отсутствует. Однако с методологической точки зрения появление 198

в теории ненаблюдаемых объектов, подобных виртуальным частицам, все же должно рассматриваться как признак относительного неблагополучия.

Еще более серьезная трудность связана с появлением в квантовой теории поля “духов”, то есть

состояний с отрицательной вероятностью. Мы знаем, что вероятность событий может быть любым числом от нуля до плюс единицы. Если событие невозможное, его вероятность приравнивается к нулю, если событие достоверное — вероятность равна единице. Что же может означать событие с отрицательной вероятностью? Нонсенс или нечто “сверхъестественное”?

К счастью, физикам-теоретикам удалось найти выход из этой трудности. При вычислении в

рамках квантовой
электродршамики наблюдаемых
физических величин члены,
соответствующие отрицательным
вероятностям, сокращаются и не
входят в конечный результат. Но в
последнее время “духи”
появляются все чаще и чаще в
теории сильных взаимодействий и
других теориях. Физики все чаще
рассуждают о возможностях их
физической интерпретации.

В заключение приведем одну
притчу, придуманную
Эддингтоном совсем по другому
поводу'. Древние люди считали

Землю плоской. Поэтому они были уверены, что на карте все земные расстояния отображаются правильно, без искажений. На самом же деле

1 См. А. Эддингтон. Относительность и кванты. М.-Л, 1933, стр. 78.

199 любая карта вносит некоторые искажения, связанные с шарообразностью Земли. Например, в проекции Меркатора размеры Гренландии выглядят непомерно увеличенными. Но по

мнению сторонников плоской Земли, карта показывает правильные размеры Гренландии. Как же с такой точки зрения объяснить, почему действительные расстояния кажутся путешественникам значительно короче расстояний, отмеченных на карте? Возможно, сторонникам плоской Земли пришлось бы признать, что в Гренландии существует какой-то демон, помогающий путешественникам ходить...

Подобным же образом мы часто считаем, что наша

пространственно-временная карта микромира правильно отображает его геометрическую структуру. Когда же в ней обнаруживаются несоответствия, приходится мириться с наличием различного рода “духов” и утешать себя тем, что они не встречаются “за пределами Гренландии”.

Универсальны ли

протяженность

и длительность?

В связи с рассмотренными трудностями возникает вопрос, следует ли признать, что протяженность и длительность являются свойствами лишь макропространства и макровремени? Если мы это признаем, то в микромире теряют смысл понятия длины и рас-200

стояния: не существует большого и малого, невозможно сравнивать более близкие и более далекие события. Теряет смысл и понятие временного интервала: нельзя сопоставлять большие и меньшие промежутки времени.

Мы уже говорили, что существуют математические пространства, в которых невозможно ввести понятие расстояния. Такие пространства называют “неметризуемыми топологическими пространствами”.

Если пространство микромира действительно неметризуемо, ему будут присущи только топологические отношения, а любые метрические отношения в нем будут отсутствовать.

В пользу возможности подобного подхода высказывались многие мыслители, в том числе Б. Риман ' и А. Эйнштейн. Так, Эйнштейн еще в 1926 г. писал: “Однако мы должны постоянно помнить, что та идеализация, которая состоит в утверждении, что в природе действительно существуют неизменяемые масштабы, может потом оказаться либо совсем неприменимой, либо оправдываемой только по отношению к некоторым определенным явлениям природы. Общая теория относительности уже доказала неприменимость

этого понятия ко всем областям, размеры которых не могут считаться малыми с точки зрения астрономии. Быть может, теория квант будет в состоянии показать неприменимость этого понятия на расстояниях по-

1 См. В. Риман. О гипотезах, лежащих в основании геометрии. Сочинения. М.—Л., 1948, стр. 280.

201 рядка размеров атомов. И то и другое считал возможным Риман” '. Таким образом, даже Эйнштейн, положивший понятие

пространственно-временной метрики в основу своих исследований, допускал существенное изменение характера протяженности и длительности в микромире, хотя и не конкретизировал, в чем это изменение может состоять.

Развивая эту мысль, А. Л. Зельманов высказал предположение, что в микромире вообще отсутствуют метрические отношения². Он подчеркнул то обстоятельство, что существование эталонов длины и времени связано с миром атомов и молекул:

которыми можно было бы установить метрические отношения³. Например, квантовые переходы, то есть перехо-

1 А. Эйнштейн. Неэвклидова геометрия и физика. Собрание научных трудов, т. II. М., 1960, стр. 181.

2 См. А. Л. Зельманов. Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной. “Бесконечность и Вселенная”. М., 1969, стр. 323.

3 См. // 3. Цехмистро. Понятие протяженности и описание физической реальности. “Вопросы философии”, 1968, № 11, стр. 65.

202

ды квантовой системы из одного состояния в другое, происходят скачком, так что невозможно установить какие-либо детали процесса. Квантовые системы обладают, по выражению Д. Бома, “неделимым единством”, так как “кванты, связывающие объект и

окружающую его среду, образуют неисчезающее звено, которое в любой момент зависит в равной мере от обеих частей” ‘.

Однако в ответ на эти аргументы можно было бы возразить, что в них не различается макроскопическая протяженность и длительность, реализуемая стандартными пространственно-временными эталонами, и протяженность и длительность, трактуемая в гораздо более широком смысле — в смысле наличия у пространства и времени некоторого комплекса

метрических свойств. Ведь метрические отношения на микроуровне могут иметь качественно иной характер, чем макроскопические, и “облекаться в плоть и кровь” особыми типами физической реальности, отличными от используемых в обычных эталонах. Кроме того, очевидно, что суждения о разложимости или неразложимости физической реальности на элементы сами зависят от используемой нами пространственно-временной модели. Микрообъекты не даны нам непосредственно, подобно

макрообъектам. Поэтому
незаконно ссылаться на
неразложимость квантовых
процессов как на что-то данное и
выводить отсюда крах понятий
протяженности и длительности.

1 Д. Вам. Квантовая теория. М.,
1961, стр. 202.

203 Гипотеза

о макроскопической

.природе

пространства-времени

Имеется еще более радикальная точка зрения на роль пространственно-временных понятий в современной микрофизике. Согласно гипотезе, выдвинутой Циммерманом, Чу и некоторыми другими физиками и философами¹, пространство и время — это сугубо макроскопические феномены, подобные, скажем, теплоте и температуре.

Представим себе, что для обсуждения этого предположения собрались Физик, Философ и Теолог. Задача Физика, убежденного сторонника данной гипотезы,— последовательное изложение аргументов в ее защиту. Задача Философа и Теолога — прокомментировать его аргументы. Оговоримся, что данная гипотеза принимается лишь меньшинством физиков-теоретиков. Поэтому наш Физик отнюдь не выражает общепринятую точку зрения (это не тот Физик, который выступал в предыдущих дискуссиях).

1 E. J. Zimmerman. The macroscopic nature of space-time. "American Journal of Physics", 1962, vol. 30, No. 2, p. 99; G. F. Chew. The dubious role of space-time continuum in microscopic physics. "Science Progress", 1963, vol. 51, No. 204, p. 529. И.О. Алексеев. Пространство и квантовая механика. "Философские вопросы квантовой физики". М., 1970,

204

Ф и з и к. Универсальность пространственно-временного

описания была поставлена под сомнение уже в нерелятивистской квантовой механике. Согласно принципу дополнительности Бора, в квантовой физике имеет место дополнительность пространственно-временного и причинного описания микрообъектов. Либо мы описываем микрообъект как корпускулу, локализованную в пространстве-времени, но не подчиняющуюся принципу причинности, либо представляем его как абстрактную “волну вероятности”, подчиняющуюся принципу причинности, но не

локализованную в пространстве-времени. Следовательно, понятия пространства и времени применимы не во всех квантовомеханических ситуациях.

Ограниченность понятия пространства вытекает также из принципа неразличимости одинаковых частиц в квантовой механике. Если имеется система квантовых частиц, например электронов, то в принципе невозможно пометить какую-то одну из этих частиц, то есть как-то выделить ее из множества других. Квантовые частицы не поддаются

индивидуализации, их перестановка ничего не меняет в мире наблюдаемых явлений. Но понятие пространства эффективно лишь в том случае, если возможны экспериментальные операции отождествления и различения объектов. Поэтому можно присоединиться к точке зрения, выдвигавшейся в свое время еще Гейзенбергом, что физическое пространство и время носят сугубо макроскопический характер и отсутствуют в “фундаменте” материи.

205 Теолог. Из сказанного вами следует, что микрообъекты существуют вне пространства и времени. Но локализация объектов в пространстве и во времени рассматривается материализмом как один из важнейших признаков материальности. Следовательно, исходя из логики самого же материализма, вы должны допустить нематериальность микрообъектов. Более того, так как все макрообъекты построены из микрообъектов, необходимо признать, что в основе всех вещей лежит некое нематериальное первоначало!

По-моему, невозможно отрицать, что квантовая физика столкнулась с такими явлениями, которые необъяснимы с позиций материализма. Сюда относятся и индетерминистическое поведение электрона, не подчиняющееся принципу причинности, и трудности его пространственно-временной локализации. Как писал немецкий философ Алоиз Венцль, в исследовании микрообъектов мы имеем дело с “миром низших духов”, взаимоотношения между которыми могут быть выражены в

математической форме. Так как последняя имеет не материальное, а божественное происхождение, мы не знаем, каково значение этой формы, мы знаем лишь саму эту форму. Таким образом, развитие квантовой физики ведет к тому, что все большее число не только философов, но и физиков осознают совместимость религии и науки. Например, Артур Эддингтон писал, что для трезво мыслящего ученого вера в бога стала возможной с 1927 года — года построения квантовой механики. 206

Ф и з и к. Известно, что впоследствии Эддингтон отказался от этого своего слишком поспешного заключения, а большинство физиков считает подобные суждения бессмысленными. Но дело не в этом. Микромир не менее материален, чем макромир, и квантовая механика не вносит ничего нового в это бесспорное положение. Нет никаких сомнений в том, что микрообъекты, подобно макрообъектам, не зависят от нашего сознания, то есть они материальны, и подчиняются объективным физическим

закономерностям, таким, как уравнение Шредингера. Поэтому, несмотря на соотношение неопределенностей, не может быть и речи о каком-то индетерминизме в квантовой физике. Но если моя исходная аргументация правильна, пространственно-временное описание применимо к микрообъектам лишь на эмпирическом уровне научного исследования, в сфере макроскопического эксперимента. Что же касается теоретического уровня, то здесь понятия времени и пространства становятся необязательными.

Философ. Я не вижу серьезных оснований для столь радикальных выводов.

Дополнительность пространственно-временного и причинного описаний квантовых объектов, о которой вы говорили, означает, строго говоря, лишь неприменимость при описании микромира пространственно-временных и каузальных представлений нашего макроскопического опыта. Использование слишком узких понятий — макроскопического пространства-времени, с одной стороны, и макропри-

207 чинности, с другой, заставляет выйти за пределы хотя бы одного из них в любом описании микрообъектов. Но отсюда вовсе не следует, что невозможно ввести такие (отличающиеся от классических) понятия пространства и времени, которые были бы применимы при описании любых явлений микромира.

Что касается упомянутого вами нарушения в квантовой механике классических представлений о тождестве и различии, оно может быть вызвано, например, тем, что

используемые нами классические
пространственно-временные
представления неправильно
отражают топологию
микропространства.

Физик. Ваши сомнения в
сделанных мною выводах вполне
понятны. Ведь я еще не изложил
других, гораздо более серьезных
аргументов в пользу моей точки
зрения. Один из них состоит в том,
что, согласно квантовой теории
поля, ультрамалые
пространственно-временные
интервалы являются в принципе
ненаблюдаемыми с помощью

физического эксперимента. Поэтому я полагаю, что отказ от пространственно-временного континуума в микромире был бы в современных условиях столь же прогрессивным, каким был в свое время отказ от ненаблюдаемого механического эфира.

Вы спросите: каким же образом строить теорию без понятий времени и пространства? Но подобная теория фактически уже создана: это аналитическая теория матрицы рассеяния, или S-матрицы. Эта теория была

предложена в 1937 г. Дж. Уилером.
В 1943 г. Гей-208

зенберг показал, что она может сыграть важную роль в физике элементарных частиц. Теория S-матрицы, как известно, служит для изучения микроявлений без углубления в интимные детали их взаимодействия, относящиеся к ультрамалым пространственно-временным масштабам. Она исходит из того, что единственный способ экспериментального изучения микропроцессов — это столкнуть несколько частиц друг с другом и наблюдать различные

продукты этого взаимодействия. То, что происходит в момент взаимодействия частиц, остается всегда скрытым и не должно нас интересовать. Оператор S , который преобразует волновую функцию начального состояния частрцы в волновую функцию конечного ее состояния, есть матрица рассеяния. Если известна S -матрица для некоторого типа взаимодействий, можно теоретически предсказать результат любого процесса данного типа.

В аналитической теории S-матрицы понятия макропространства и макровремени не экстраполируются па микропроцессы “сами по себе”. Эта теория позволяет судить о микрообъектах в тех предельных физических условиях, при которых еще оказываются применимыми классические представления о пространстве и времени, то есть условиях, характерных для макроскопического эксперимента.

Исходя из этого, можно полагать, что понятия пространства и времени имеют статистическую природу, подобно понятию температуры. К самим микрообъектам они непри-

8 А. М. Мостепаненко 209
ложимы: о существовании пространственно-временного каркаса имеет смысл говорить лишь в случае наличия очень большого числа микросистем. Подобно тому как температура тела определяется средней кинетической энергией

составляющих тело молекул, так и пространственно-временные характеристики возникают в процессе усреднения каких-то специфических свойств элементарных частиц.

Теолог. Ясно, что, с вашей точки зрения, микрореальность “как таковая” находится вне нашего времени и пространства. Отсюда можно сделать вывод, что она вечна и неизменна, обладает, подобно богу, вневременным бытием. Вместе с тем она порождает, или обуславливает, пространство и время нашего

мира. Не обнаруживаются ли здесь истоки акта божественного творения? Быть может, как раз в микромире мы соприкасаемся с той гранью, за которой находится высшая, духовная реальность — бог.

Философ. Прежде всего необходимо четко разделить две проблемы: материальное происхождение нашего физического пространства-времени и универсальность (атрибутивность) пространственно-временных отношений. В связи с первой

проблемой я хотел бы
присоединиться к мнению
уважаемого Физика, что свойства
макроскопического пространства-
времени обусловлены
микроявлениями. Но при этом
вторая проблема еще не решается.
Пространство и время,
понимаемые в широком
философском смысле слова,— это
формы существования материи,
они 210

выражают порядок
сосуществования и смены
состояний всевозможных
материальных объектов и явлений.

Пространственно-временное описание материальных явлений не ограничивается привычными геометрическими моделями и может включать математические пространства с особым набором метрических и топологических характеристик. Поэтому нет оснований отказываться от атрибутивности пространственно-временных отношений. Микромиру могут быть свойственны свои, особо специфические пространственно-временные отношения.

В самом деле, основная трудность, о которой здесь говорилось,— ненаблюдаемость ультрамалых пространственно-временных интервалов — не является непреодолимой. Более того, я согласен с выводом о том, что пространственно-временной континуум специальной теории относительности в ультрамалых масштабах уже “не работает”. Но отсюда вовсе не вытекает, что невозможна такая микрогеометрия, которая согласовывалась бы с принципом наблюдаемости! Важной целью современного научного познания

как раз и являются поиски такой геометрии.

Ситуация в современной микрофизике, по-видимому, частично аналогична той, которая сложилась в период формирования теории относительности. Одной из причин появления ненаблюдаемых объектов в теории Лоренца было использование неадекватной пространственно-временной геометрии и в связи с этим формулирование в рамках дан-8*211 ной теории целого ряда неосмысленных вопросов (относительно какой избранной

физической системы
отсчитывается скорость света?
какова скорость тел относительно
этой системы? и т. д.). Чтобы
ответить на них, приходилось
использовать понятие абсолютного
ненаблюдаемого эфира. Введение
релятивистской
(псевдоэвклидовой)
пространственно-временной
геометрии показало, что эти
вопросы на самом деле были
неправильно поставлены и именно
потому приводили к противоречию
с принципом наблюдаемости.

В квантовой механике становится неосмысленным еще целый ряд вопросов, сформулированных на языке макропространства и макровремени (по какой орбите движется электрон в атоме? в каком месте находится электрон, обладающий определенным импульсом? и т. д.). В квантовой теории поля список их еще более расширяется. Очевидно, даже вопрос о том, в какой точке релятивистского пространства-времени находится элементарная частица, является некорректным. Но отсюда следует, что мы еще не

научились задавать природе осмысленные вопросы о характере микрогеометрии. Сначала мы конструируем несуществующие объекты, а затем удивляемся тому, что они оказываются ненаблюдаемыми!

Здесь говорилось о методе 5-матрицы, важность которого для современной квантовой теории поля бесспорна. Эта теория является попыткой полного феноменологического описания микрообъектов без углубления в интимные детали их взаимодействия. Но конеч-212

но, использование данного метода вовсе не свидетельствует о невозможности применения других методов, в которых эти детали будут вскрыты.

Физик. Я вовсе не надеюсь доказать, что пространственно-временной континуум не может существовать в микромире. Не исключено, что доказать это невозможно даже в принципе. Но я защищаю положение, что для успешного развития микрофизики следует отказаться от не оправдавших себя понятий

пространства и времени и строить теорию в иных, негеометрических терминах.

Действительно, элементарные частицы характеризуются такими свойствами, как изотопический спин, странность, электрический, лептонный и барионный заряды и др., которые не имеют геометрической интерпретации. В микрофизике приобретают все большую важность негеометрические (динамические) симметрии и соответствующие им. законы сохранения. В макромире особую важность имеют

симметрии пространства и времени — однородность и изотропность пространства, однородность времени. В соответствии с теоремой Нётер, из них вытекают соответствующие законы сохранения — импульса, момента количества движения и энергии. Однако законы сохранения, характерные для микромира, не следуют из свойств пространства и времени.

Очень важной симметрией, характерной для сильно взаимодействующих элементарных частиц (адронов), является так

называемая унитарная симметрия.
Именно с ее

213 помощью Гелл-Манну
удалось сгруппировать
элементарные частицы по классам
и предсказать существование еще
не открытых на опыте частиц.
Предсказание кварков также было
обусловлено унитарной
симметрией. После открытия
унитарной симметрии возникли
попытки истолковать ее как
внутреннюю симметрию
элементарных частиц. При этом
пытались объединить эту
внутреннюю симметрию с

внешней, то есть симметрией пространства-времени. Однако, как показали недавние исследования, такое объединение оказывается фактически невозможным.

Философ. Объединение внутренних и внешних симметрии элементарных частиц, по существу, означало бы, что существует единая пространственно-временная форма, охватывающая и макромир, и микромир. Однако я полагаю, что такая возможность маловероятна. Если принять, что в микромире имеется особая

пространственно-временная
форма, качественно отличная от
макроскопической, делается
вполне понятной невозможность
искусственного сочетания
симметрии макроскопического
пространства-времени и
симметрии, характерных для
микромира. Необходимо построить
особую пространственно-
временную модель и положить ее в
основу всей микрофизики.

Ф и з и к. Ваши рассуждения мне
представляются чересчур
абстрактными. Как вы мыслите
себе взаимное согласование

макрогеометрии и
микрогеометрии? Не возникает ли
при таком подходе разрыва между
ними?

214

Философ. По-видимому, это
согласование должно
производиться в духе принципа
соответствия, заключающегося,
как известно, в требовании, что
при построении новой, более
фундаментальной теории старая
теория не устраняется полностью,
по остается верной в границах

области своей применимости. Это означает, что одна из пространственно-временных моделей, характеризующих два смежных уровня материн, должна быть предельным частным случаем другой или порождаться ею при устремлении к пределу некоторых физических параметров.

Физик. На мой взгляд, вы слишком неопределенно формулируете принцип соответствия. Неизвестно, возможно ли вообще произвести согласование пространственно-временных моделей с различной

топологией. С другой стороны, приняв гипотезу о макроскопической природе пространства-времени, мы не сталкиваемся с какими-либо дополнительными трудностями в понимании соответствия между макро- и микромиром.

Философ. То соответствие, о котором вы говорите, во многом является иллюзорным. Эта иллюзия возникает из-за того, что связующим звеном между макро- и микромиром продолжают мыслиться наше пространство и время. Ведь при этом речь, но

существо, идет не о соответствии макроявлений и микроявлений, “как таковых”, а о сопоставлении одних макроявлений с другими, так как “проекции” микрообъектов на средства их наблюдения, по сути дела, сами являются макроявлениями.

215 Вы совершенно правы, что на современной стадии развития науки вопрос о характере микрогеометрии, по сути дела, остается открытым. Но рано или поздно будет построена новая теория микрообъектов, гораздо

более полная и совершенная, чем
теперешняя.

“Пещера” Платона и
макроскопический опыт

Из приведенной дискуссии
Физика, Теолога и Философа
видно, с какими трудностями
сталкивается современное научное
познание в его попытках
нарисовать истинную картину
физической реальности на
микроуровне. Эти трудности
порождают и откровенно
идеалистические взгляды,

стремящиеся использовать достижения науки в своих целях. Так, опираясь на идеи Платона, английский физик и астроном Джемс Джинс пытался дать явно мистическую картину объективного мира и форм его существования. Как известно, в своем диалоге “Государство” Платон приводит знаменитый символ пещеры, который в образной форме выражает суть его философии. Прочитируем небольшой отрывок, в котором Сократ излагает своему собеседнику, юному Главкону, образ пещеры:

“— После этого... ты можешь уподобить нашу человеческую природу в отношении просвещенности и непросвещенности вот какому состоянию... посмотри-ка: ведь люди 216

как бы находятся в подземном жилище наподобие пещеры, где во всю ее длину тянется широкий просвет. С малых лет у них там на ногах и на шее оковы, так что людям не двинуться с места, и видят они только то, что у них прямо перед глазами, ибо

повернуть голову они не могут из-за этих оков. Люди обращены спиной к свету, исходящему от огня, который горит далеко в вышине, а между огнем и узниками проходит верхняя дорога, огражденная — глянь-ка — невысокой стеной вроде той ширмы, за которой фокусники помещают своих помощников, когда поверх ширмы показывают кукол.

Это я себе представляю.

— Так представь же себе и то, что за этой стеной другие люди несут различную утварь, держа ее так, что она видна поверх стены; проносят они и статуи, и всяческие изображения живых существ, сделанные из камня и дерева. При этом, как водится, одни из несущих разговаривают, другие молчат.

— Странный ты рисуешь образ и странных узников!

- Подобных нам. Прежде всего разве ты думаешь, что, находясь в

таком положении, люди что-нибудь видят, свое ли или чужое, кроме теней, отбрасываемых огнем на расположенную перед ними стену пещеры?

— Как же им видеть что-то иное, раз всю жизнь они вынуждены держать голову неподвижно?

- А предметы, которые проносят там, за стеной? Не то же ли самое происходит и с ними?

S17 — То есть?

- Если бы узники были в состоянии друг с другом беседовать, разве, думаешь ты, не считали бы они, что дают названия именно тому, что видят?

- Непременно так.

— Далее. Если бы в их темнице отдавалось эхом все, что бы ни произнес любой из проходящих мимо, думаешь ты, они приписали бы эти звуки чему-нибудь иному, а не проходящей тени?

— Клянусь Зевсом, я этого не думаю.

— Такие узники целиком и полностью принимали бы за истину тени проносимых мимо предметов.

- Это совершенно неизбежно” '.

И далее Платон, развивая диалог, уподобляет вещи, отбрасывающие тени на стену пещеры, совершенному миру идей, который, по его мнению, и

представляет собой единственное подлинно реальное бытие.

Джине так переформулировал этот платоновский образ 2. Окружающий нас мир явлений есть совокупность процессов, в которых принимают участие материя и излучение. Стены пещеры — это не что иное, как время и пространство. Тени реальности, спроецированные на стены и принимаемые нами за самую реальность,— это материальные частицы, движущиеся по пространственно-

временном фоне. Но истинная реальность, находя-

1 Платон. Соч. в трех томах, т. 3, ч. 1. М., 1971, стр. 321-322.

2 J. Jeans. Physics and philosophy. N. Y., 1945, p. 193.

218

щаяся вне пещеры и вызывающая тени, существует якобы вне времени и пространства. По

мнению Джинса, это духовная, а не материальная реальность.

У нас нет оснований ожидать, пишет Джине, что тени на стенах пещеры будут меняться в соответствии с принципом причинности. Ведь различные типы реальности могут отбрасывать одинаковые тени, и, наоборот, одинаковые типы реальности могут отбрасывать разные тени. Это объясняет, по Джинсу, почему в идентичных условиях эксперимента мы можем получить разные результаты. Например, движущиеся в

тождественных внешних условиях электроны попадают в различные пункты экрана.

С научной точки зрения взгляды Джинса являются идеалистическими и мистическими. Конечно, можно согласиться, что существуют иные типы реальности, далекие от нашего макроскопического опыта. Вполне возможно и то, что эти типы реальности более фундаментальные, чем окружающие нас макроскопические явления. Они “проецируются” на нашу

“пространственно-временную сцену” лишь некоторыми своими гранями и аспектами. Исходя из принципа инвариантности мы не должны приписывать этим типам реальности тех черт макроскопических явлений, которые меняются от опыта к опыту, от одних макроусловий к другим.

Но нельзя согласиться с утверждением Джинса, что эта фундаментальная реальность находится вне времени и пространства, не является особым видом материи. Нельзя, ко-

219 нечпо, согласиться и с тем, что макромир менее реален, чем микромир (как, впрочем, и с противоположным ему утверждением). Виды материи могут быть более или менее фундаментальными, но все они объективно существуют и в этом смысле одинаково реальны.

Свойства пространства и времени в микромире

Каковы же метрические и топологические свойства

пространственно-временной формы микромира? На этот счет выдвигается множество самых различных гипотез. Одна из наиболее известных — гипотеза дискретности пространства и времени в микромире.

Проблема непрерывности и дискретности пространства и времени волнует философов с глубокой древности. Еще Демокрит высказывал сомнения в непрерывности пространства и разрабатывал идею его атомистической структуры. С таких позиций он пытался

разрешить знаменитые апории Зенона, в которых путем ряда остроумных аргументов “опровергалось” существование движения. Апории Зенона имеют важное значение для анализа проблемы непрерывности и дискретности пространства.

Апория “Дихотомия” состоит в следующем. Движущееся тело, прежде чем пройти весь путь, проходит половину, прежде чем пройти половину, преодолевает четверть, прежде четверти — восьмую и т. д. до беско-220

нечности. При этом оно должно за конечное время преодолеть бесконечное число отрезков пути, что невозможно. Следовательно, движения поистине не существует, так как оно не может даже начаться.

Согласно апории “Ахиллес”, быстроногий Ахиллес никогда не догонит черепаху. В самом деле, Ахиллесу требуется некоторое время, чтобы достигнуть того места, с которого черепаха начала свое движение, но за это время черепаха пройдет еще некоторый путь, который он также должен

преодолеть, и т. д. без конца. Чтобы догнать черепаху, Ахиллесу пришлось бы преодолеть бесконечное число конечных расстояний, что невозможно.

Формальное решение апорий Зенона позволяет дать математика. Действительно, первая апория предполагает суммирование следующего числового ряда:

где число $\frac{1}{2}$ соответствует времени, за которое движущееся тело проходит половину пройденного пути, $\frac{1}{4}$ — времени

прохождения четверти пути и т. д. Согласно математике сумма этого ряда конечна и равна 1. Следовательно, весь путь будет пройден за конечное время.

Вторая апория предполагает суммирование следующего ряда:

где число p показывает, во сколько раз скорость Ахиллеса больше скорости черепахи.

221 Сумма этого ряда также конечна

то есть Ахиллес догонит черепаху за конечное время.

Но такое чисто математическое решение рассматриваемой проблемы имеет один недостаток. Остается неясным, почему бесконечные суммы конечных величин дают не бесконечно большие, а конечные величины. Философов обычно не удовлетворяло математическое решение апорий Зенона, так как считалось, что оно только описывает движение, но не объясняет, почему оно возможно. Интересную попытку разрешить

данные апории предпринял Гегель. По его мнению, противоречия, которые Зенон нашел в понятии движения, свидетельствуют не о том, что движения не существует, а о том, что самому движению присущи объективные противоречия. “...Двигаться,—• пишет Гегель,— означает быть в данном месте и в то же время не быть в нем,— следовательно, находиться в обоих местах одновременно” '. Однако гегелевское решение проблемы имеет тот недостаток, что оно выражает диалектическое противоречие через формально-

логическое противоречие, то есть в этом случае нарушает требование, согласно которому нельзя высказывать противоречащие друг другу суждения об одном и том же объекте, взятом в одно и то же время и в одном и том же отношении. Объективная диалектика действительности должна отражаться в понятиях

222

1 Гегель. Со., т. IX. М, 1932, стр. 241.

строго логично, без нарушения элементарных законов формальной логики. Если в процессе познания возникает неустранимое противоречие (антиномия), следует попытаться его разрешить путем существенного изменения и обобщения используемого понятийного аппарата.

Механическое движение, подобно любому другому, представляет собой сложный неисчерпаемый процесс, тогда как понятия, с помощью которых мы выражаем движение, всегда суть

абстракции и идеализации, схватывающие только одну сторону объекта исследования и отвлекающиеся от всех остальных. Противоречие между неисчерпаемостью реального движения и ограниченностью нашего понятийного аппарата, с помощью которого мы выражаем движение,— основная причина возникновения любых апорий и антиномий, в частности апорий Зенона. Как писал Ленин, “мы не можем представить, выразить, смерить, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, угрубив, не разделив, не

омертвив живого. Изображение движения мыслью есть всегда огрубление, омертвление,— и не только мыслью, но и ощущением, и не только движения, но и всякого понятия. И в этом суть диалектики” '.

При формулировании апорий Зенона мы используем такие абстракции и идеализации, как абсолютно непрерывное пространство, движение по непрерывной траектории, рас-

1 В. И. Ленин. Поли. собр. соч.,
т. 29, стр. 233.

223 стояния, делимые до
бесконечности, точечные моменты
времени и т. д. Предполагается,
что любые сколь угодно малые
интервалы времени и
пространства подчиняются
аксиомам макрогеометрии. Иными
словами, не учитывается
обнаруженная в квантовой физике
возможность существенного
изменения законов движения и
пространственно-временных
отношений при переходе к малым

масштабам. В связи с этим и возникают логические противоречия и парадоксы.

Свои апории Зенон строит на предположении, что пространство непрерывно и бесконечно делимо. Если усомниться в правильности этого, то сама формулировка данных апорий теряет смысл. В частности, мы не можем до бесконечности делить пополам отрезок пути, так как на некоторой стадии деления дойдем до “минимальной длины” /о, которая не подлежит дальнейшему делению. Следовательно,

приведенный выше числовой ряд превратится в конечную последовательность:

деле это не так. Не исключено, что в мире реализуются не любые длины, а только кратные элементарной длине λ_0 : λ_0 , $2\lambda_0$, $3\lambda_0$, ... $n\lambda_0$. Мы не замечаем этого лишь потому, что элементарная длина ничтожно мала и обнаружить отличие измеряемых в опыте протяженностей на величину элементарной длины практически невозможно из-за имеющихся в любом опыте погрешностей измерения.

Поэтому, хотя долгое время естествознание не давало никаких подтверждений гипотезе дискретного пространства, она не считалась абсурдной и разрабатывалась в философии.

Так, средневековые арабские философы — мутакаллимы — полагали, что не только материя, но и пространство имеет атомистическую структуру. Любая линия, согласно их взглядам, состоит из целого числа “атомов пространства”, и, следовательно, в мире не существует иррациональных чисел и

несоизмеримых отрезков.
Движение атомов есть
скачкообразный процесс
исчезновения атома в одной ячейке
пространства и его возникновения
в другой. Сходные воззрения
развивались Николаем из
Отрекура, Лейбницем, Гассенди и
некоторыми другими
мыслителями.

Но более непосредственная
связь подобных взглядов с
развитием естествознания
возникла лишь в XX в. после
появления квантовой физики.
Сама квантованность физических

величин и наличие квантовых скачков вновь заставляет обращаться к гипотезе дискретного пространства и времени. Кроме того, в квантовых теориях появляются вели-

225

С такой точки зрения пространство микромира дискретно, состоит из конечного числа элементов и не подчиняется аксиоме Архимеда, согласно которой любой отрезок может быть разделен на сколь угодно

малые части. На первый взгляд подобное утверждение явно противоречит опыту. Но на самом деле, учитывая размерности длины, составленные из фундаментальных мировых констант. Например, комптоновская длина волны протона

$\lambda_0 = \frac{h}{m_p c}$ - выражается через постоянную Планка h

и массу протона m_p и скорость света c и долгое время являлась одним из “претендентов” на роль элементарной длины.

Перечислим некоторые физические подходы, в которых выдвигалась гипотеза дискретности пространства и времени. Еще в 1930 г. В. А. Амбарцумян и Д. Д. Иваненко предложили модель дискретного пространства, в которой пространственные и временные координаты принимают лишь целочисленные значения. Пространство-время при этом рассматривалось как некоторая кубическая решетка точек '.

Канадский физик Снайдер² предложил иную трактовку квантования пространства, используя аналогию с принципом неопределенностей. В его гипотезе элементарная частица не обладает всеми тремя пространственными координатами одновременно. В некоторый момент времени можно точно измерить лишь одну из трех координат частицы, например координату x , а координаты y и z остаются неопределенными.

Большой интерес представляет идея дискретности пространства-времени на световом

1 См. Л. Соколов, Д. Иваненко. Квантовая теория поля. М.—Л., 1952, стр. 593.

2 Я. Snyder. Quantized space-time. "Physical Review", 1947, vol. 71, p. 38.

конусе, высказанная Я. И. Френкелем¹. Согласно этой идее, в основе всех процессов в мире лежит единый фундаментальный процесс, протекающий со скоростью света (то есть локализованный на световом конусе). Он состоит в исчезновении элементарной частицы в одной точке пространства и ее появлении в другой с некоторым запаздыванием, равным времени распространения светового сигнала на расстояние между этими точками. Все более медленные движения в мире

возникают в процессе своего рода усреднения этих элементарных процессов.

Одной из наиболее радикальных гипотез дискретного пространства является подход венгерского физика Х. Коиша², развитый советским физиком И. С. Шапиро³. Он основан на предположении, что физическое пространство состоит из некоторого конечного числа точек. Конечность пространства приводит к появлению ряда характерных для элементарных частиц свойств симметрии.

Представляет интерес и предположешш немецкого физика Б. Абраменко4, что дис-

1 См. Я. И. Френкель. Понятие движения в релятивистской квантовой теории. ДАН СССР, т. 64,

1949, № 4, стр. 507; Замечания к квантовополевой теории материи. “Успехи физических наук”, т. 42,

1950, вып. 1, стр. 69.

2 Я. Coish. Elementary particles in a finite world geometry. "Physical Review", 1959, vol. 114, p. 383.

3 /. Shapiro. Weak interactions in the theory of elementary particles with finite space. "Nuclear Physics", 1960, vol. 21, p. 474.

4 B. Abramenko. On dimensionality and continuity of physical space and time. "British journal for the Philosophy of Science", 1958, vol. 9, No. 4, p. 89.

227 крестность пространственно-временной структуры мира вытекает из открытой Планком элементарности кванта действия h . Он обратил внимание на то обстоятельство, что если ввести элементарную длину, приблизительно равную размерам протона, то энергетическое содержание пространственно-временных квантов, наполненных материей ядерной плотности, как раз совпадает по порядку величины с постоянной Планка.

Однако как эти, так и другие предлагавшиеся гипотезы дискретности пространства и времени сталкиваются с серьезными трудностями и пока не могут служить основой для перестройки физической теории. По словам Германа Вейля, идея дискретного пространства потому не вступает в достаточный контакт с реальностью, что остается неясным, как на ее основе ввести метрические отношения, понятия длины и расстояния'. Кроме того, оказывается, трудно обеспечить выполнение принципа соответствия дискретной

микрогеометрии и непрерывной макрогеометрии. В ряде гипотез дискретного пространства не удастся добиться обеспечения релятивистской инвариантности и релятивистской причинности при переходе к макромасштабам, что является их главным недостатком.

Рассмотрим другое гипотетическое отличие пространственно-временных отношений на микроуровне — возможное нарушение

1 Н. Weyl. Philosophy of mathematics and natural science. Princeton, 1949, p. 43.

228

в микропроцессах свойства линейной упорядоченности времени. Это нарушение иллюстрируется уже упоминавшейся выше гипотезой Фейнмана, интерпретирующей позитрон как электрон, движущийся назад во времени '. Чтобы пояснить эту гипотезу, изобразим процесс порождения и

аннигиляции электронно-позитронной пары из γ -квантов в истолковании Фейнмана (см. рис. 9).

Рис. 9.

Согласно обычной интерпретации, в точке С из γ -квантов порождается электронно-позитронная пара, причем электрон начинает двигаться вправо, а позитрон — влево по осп х. В мировой точке В позитрон сталкивае

1 См.: Р. Фейнман. Теория позитронов. Новейшее развитие квантовой электродинамики. М., 1954; Г. Рейхенбах. Направление времени. М., 1962, стр. 349,

229 с другим электроном и исчезает (аннигилирует).

Совсем иная картина возникает в гипотезе Фейнмана. По Фейнману, здесь нет трех частиц — двух электронов и позитрона. Во всем рассматриваемом процессе участвует одна-единственная частица — электрон.

Линия $A B C D$ на рисунке — мировая линия одной и той же частицы — электрона, но на участке BC электрон движется назад во времени!

На мировой линии $ABCD$ событие C расположено между событиями B и D , тогда как с точки зрения неподвижного наблюдателя, связанного с изображенной на рисунке системой $(x, /)$, это явно неверно: событие B происходит позже событий A и C . Следовательно, согласно Фейнману, в данном процессе отсутствуют

инвариантный (абсолютный)
временной и причинный порядки.

В последнее время целый ряд философов, основываясь на гипотезе Фейнмана, выступили в поддержку положения о неуниверсальности линейного временного порядка'. Известный американский философ и логик Хилари Патнэм поставил вопрос о том, что традиционное, идущее еще от Аристотеля, различие между истинами необходимыми (в каком-то раз навсегда данном, вечном

1 H. Putnam. It ain't necessarily so. "Journal of Philosophy", 1962, vol. 59, No 22, p. 658; /. Graves and /. Roper. Measuring measuring rods. "Philosophy of Science", 1965, vol. 32, No. 1, p. 39; G. Berger. The conceptual possibility of time travel. "British journal for the Philosophy of Science", 1968, vol. 19, No 2, p. 152.

250

смысле) и истинами случайными, или факту-альными, не соответствует действительности. Раньше считали

вечной, необходимой истиной утверждение об эвклидовости пространства, сейчас к такого рода истинам причисляют суждение о наличии линейного временного порядка, по последнее не более оправдано, чем первое.

Возражения против гипотезы Фейнмана основываются на том, что она разрушает многие привычные онтологические представления. Так, она допускает возможность существования одного и того же объекта (электрона) в один и тот же момент времени в двух разных

местах. Кроме того, гипотеза Фейпмана пока не имеет строгой формулировки, согласующейся с современной квантовой теорией поля. Однако надо учитывать, что эти возражения покоятся на макроскопических стереотипах мышления и на концептуальном каркасе современной пауки, тогда как речь идет о возможности (или невозможности) их существенного пересмотра.

Пока что у нас нет достаточных оснований считать микровремя однонаправленным, так как большая часть уравнений,

описывающих микропроцессы
(уравнение Шредингера,
уравнение Дирака и т. д.),
симметричны относительно
изменения знака времени. Хотя
закономерности макромира
(например, законы Ньютона) тоже
инвариантны относительно
обращения времени, макровремя
имеет одно выделенное
направление, связанное с
термодинамическими факторами и
законом повышения энтропии. Но
закон повышени

231 энтропии для микромира
теряет смысл. Поэтому можно

полагать, что необратимость и однонаправленность времени не присуща микрообъектам “как таковым”.

Правда, недавно было обнаружено, что закономерности, описывающие слабые взаимодействия элементарных частиц, несимметричны относительно обращения времени. Эти закономерности инвариантны лишь относительно одновременного применения к ним следующих трех преобразований: операции зарядового сопряжения, связанной с заменой всех зарядов

на противоположные, инверсии пространственных координат, то есть как бы “выворачивания” пространства наизнанку, и операции обращения времени. Будущие исследования должны показать, какое значение имеют эти факты для решения проблемы направления времени в микромире.

Не исключено, что в микромире пространство и время имеют иное число измерений, чем в макромире. Мы говорили, что одно из подтверждений трехмерности пространства — выполнение в

окружающем нас мире закона обратной пропорциональности силы квадрату расстояния. Но в микромире мы сталкиваемся с другими типами зависимости силы от расстояния. Сила ядерного взаимодействия столь быстро изменяется с расстоянием, что в данном случае возможно увеличение размерности пространства при приближении к центру ядра.

Интересно, что в квантовой физике использование многомерных и бесконечномер-232

ных пространств из удобного способа описания часто превращается в необходимость. Например, волновая функция системы из p частиц может быть представлена лишь в $3p$ -мерном конфигурационном пространстве. Бесконечномерное гильбертово пространство квантовой механики, точки которого суть волновые функции, лежит в основе всего математического аппарата теории.

Иные выводы о размерности пространства возникают в том случае, когда оно дискретно в малом. Если пространство состоит

из конечного или счетного числа точек, его размерность оказывается равной нулю. (Поскольку размерность точки равна нулю, размерность конечного или счетного числа точек также оказывается равной нулю.) Дискретное время, подобно пространству, также будет обладать нулевой размерностью.

Возможна ли

новая революции

в представлениях

о пространстве

и времени?

В последнее время обсуждается вопрос о том, имеет ли физика перспективы неограниченного развития, либо рано или поздно наступит ее конец как науки'. Р. Фейнман

1 См.: А. С. Компанеец. Может ли окончиться физическая наука? М., 1967; Р. Фейнман. Характер

233 и А. С. Компанеец
выдвигают некоторые аргументы в
пользу того, что физикой могут
быть открыты все
фундаментальные законы природы,
описывающие конечное число
существующих в мире
взаимодействий. После этого
ученым останется лишь
заниматься техническими
приложениями и несуществ'енны-
ми уточнениями исследованного
ранее.

Подобная точка зрения
опровергается всем бурным

развитием современного естествознания, открытием в микрофизике и космологии все новых парадоксальных и необъяснимых современной наукой явлений. Как правильно пишет В. С. Барашенков, нет никаких серьезных оснований для сомнений в неисчерпаемости окружающего нас мира и в дальнейшем прогрессе фундаментальных научных исследований.

Почему же на некоторых этапах развития естествознания возникают мнения о конце физики

как науки и исчерпанию фундаментальных исследований? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно принять во внимание, что развитие физики происходит не путем простого накопления знаний, а в процессе формирования и развития все более полных физических картин мира. Когда определенная физическая картина мира уже сформировалась и наука добилась больших успехов в описании и объяснении явлений, возникает иллюзия того, что она окончательная и охва-

физических законов. М., 1968; В. С. Барашенков. Может ли быть конец физики как науки? “Философские науки”, 1971, № 6, стр. 88.

234

тывает все основные фундаментальные закономерности природы. Так было в периоды успеха механической и электродинамической картин мира, такие тенденции имеются и сейчас, в рамках современной квартовореля-тивистской картины

мира. Однако со временем оказывается, что такие надежды неосновательны. Новые физические открытия не укладываются в старую систему представлений о реальности. В конце концов наступает смена представлений, которая ощущается исследователями как революция в физике, в корне меняющая, по выражению Макса Борна, весь стиль физического мышления.

В основе любой физической картины мира наряду с физическими взглядами на материю лежат понятия о

пространстве и времени. Поэтому революция в физике, как правило, предполагает качественное изменение наших пространственно-временных представлений. Современная физическая картина мира включает в себя релятивистские понятия времени и пространства, с помощью которых удалось добиться очень больших успехов в развитии физики. Но, несмотря на все их совершенство, эти понятия сталкиваются с целым рядом трудностей в области микрофизики, при описании

структуры и взаимодействий элементарных частиц.

Есть все основания полагать, что построение новой, более совершенной теории элементарных частиц потребует не меньшей революции в представлениях о времени и пространстве, чем та, которую произвела в свое время теория относительности. Как было показано в предыдущем изложении, проблема времени и пространства в современном естествознании теснейшим образом связана со многими

кардинальными вопросами философии, прежде всего теории познания. При ее решении нам приходилось обращаться к рассмотрению роли макроскопического опыта в человеческом познании. Вопрос об универсальности свойств времени и пространства было невозможно проанализировать без обращения к проблеме универсального знания и т. д. Вместе с тем развитие пространственно-временных представлений в современном естествознании не может не учитываться и при решении собственно философских проблем.

Анализ понятия макроскопического пространства-времени обнаруживает его исключительно важную роль в человеческом познании. Но это не должно вести к его абсолютизации. Пространство и время макромира обладают “исходным” и универсальным характером лишь на эмпирическом уровне научного исследования, в области макроскопического эксперимента. На теоретическом уровне следует учитывать возможность иных, немакроскопических,

пространственно-временных форм
и отношений. 236

В частности, было показано, что
если мы признаем
универсальность
макроскопического пространства-
времени, существенно
затрудняется решение вопроса о
теоретическом обосновании его
топологической структуры. Дать
непротиворечивое теоретическое
обоснование пространственно-
временных постулатов, на которых
строятся современные физические
теории, можно, лишь построив
более фундаментальную теорию,

покоющуюся на новых, более глубоких пространственно-временных представлениях.

Тезис о возможном многообразии в мире пространственно-временных форм и отношений с различными метрическими и топологическими свойствами, положенный в основу данной книги, вытекает из признания качественной и количественной неисчерпаемости материи и понимания пространства и времени как форм существования материи. Бесконечность мира не следует

представлять ни как “дурную”, чисто количественную, ни как чисто качественную, сводящуюся к бесконечному ряду конечных состояний материи. И то и другое понимание противоречит данным релятивистской космологии. Бесконечность мира во времени и пространстве, по сути дела, совпадает с неисчерпаемостью пространственно-временных форм и отношений.

Много парадоксов возникает из-за неправомерной экстраполяции макроскопических пространственно-временных

отношений на микромир. Но наличие этих трудностей не является достаточным основанием для другой крайности — отказа от понятий времени

237

Заключение и пространства при описании микрообъектов. Важнейшая цель современной микрофизики — поиски адекватной микрогеометрии и построение на ее основе новой, более совершенной теории элементарных частиц.

В нашей философской литературе долгое время было распространено мнение, что допущение необычных свойств пространства и времени, таких, как многомерность пространства, обратимость времени и т. д., несовместимо с материализмом. В процессе изложения мы старались показать, что тезис о многообразии пространственно-временных отношений не только не имеет ничего общего с идеализмом, но что, напротив, без этого положения невозможна последовательная борьба с идеализмом и религией в области

философских вопросов
естествознания. Это было нами
проиллюстрировано на примере
трехмерности пространства,
“порождения” Вселенной в
релятивистской космологии и ряда
других.

Таким образом, можно сделать
вывод, что проблема времени и
пространства приобретает все
большее естественнонаучное и
общемировоззренческое значение.
От дальнейшей ее разработки во
многом зависят перспективы
развития как научного познания,
так и научного

материалистического
мировоззрения.